Diversitatea genetică și *eroziunea genetică* a resurselor genetice vegetale

Danela Murariu
Mihai D. Cristea

Editura PIM
Iași, 2019

Genetic and Erosion Diversity of Plants Genetic Resources

Authors:

Dr. Danela Murariu – senior researcher, Suceava Genebank
Dr. Mihai D. Cristea - senior researcher, member of Academy of Agricultural Forestry Sciences, Bucharest.

Copertă spate – *Hyssopus officinalis* (Foto Diana Batîr Rusu)

Cuprins

pag.

Cuvânt înainte …… 15

CAP. 1 - RESURSELE GENETICE VEGETALE ȘI DIVERSITATEA GENETICĂ…….. 18

1.1. Introducere …… 18
1.2. Conținutul resurselor genetice vegetale …… 19
1.3. Rudele sălbatice ale plantelor cultivate …… 19
1.4. Diversitatea genetică a plantelor …….. 20
1.4.1. Niveluri de clasificare a diversității genetice a plantelor ……. 21
1.5. Volumul total de resurse genetice vegetale la nivel mondial …… 25

CAP.2 - FONDUL DE GENE …… 33

2.1. Introducere …… 33
2.2. Confuzii în abordarea clasificării plantelor ……... 34
2.2.1. Fondul primar de gene …… 35
2.2.1. Fondul secundar de gene …… 35
2.2.3. Fondul terțiar de gene …….. 36
2.3. Fondurile de gene ale speciilor genului *Avena* ……..... 38
2.3.1. Fondul primar de gene …… 38
2.3.2. Fondul secundar de gene …… 43
2.3.3. Fondul terțiar de gene …… 43
2.4. Clasificarea în „poli genici” …….. 45

CAP. 3 - EROZIUNEA GENETICĂ A PLANTELOR …….. 47

3.1. Ce este și ce reprezintă eroziunea genetică? …… 47
3.2. Declinul diversității genetice al plantelor cultivate …… 48
3.3. Poate fi utilă reducerea diversității genetice? …… 50
3.4. Estimarea pierderilor de material genetic …….. 51
3.5. Dinamica eroziunii genetice în spațiu și în timp …… 54
3.5.1. Surse noi de reducere a eroziunii genetice …… 57
3.6. Practici de atenuare a eroziunii genetice …… 59
3.7. Eroziunea genetică și agricultura modernă …… 63
3.8. Evaluarea ritmului de extincție a speciilor …… 65
3.9. Asigurarea securității alimentare …… 68

CAP. 4 - INDICATORII DIVERSITĂȚII GENETICE, EROZIUNEA ȘI VULNERABILITATEA GENETICĂ A RESURSELOR GENE - TICE VEGETALE …… 72

4.1. Introducere …… 72
4.1.1. Folosirea și interpretarea indicatorilor diversității …….. 73

4.1.2. Eșantionarea germoplasmelor……..…… 73
4.1.3. Cuantificarea germoplasmelor …… 74
4.1.4. Comparabilitatea germoplasmelor……. 74
4.2. Estimarea diversității genetice …… 74
4.2.1. Localizarea diversității genetice în genomul plantelor …… 74
4.2.2. Bogăția și uniformitatea diversității ……... 75
4.3. Indicatorii de bază ai biodiversității ……. ……. 76
4.3.1. Indicatorii diversității genetice pe categorii de resurse genetice 76
4.3.2. Rudele sălbatice …….. 77
4.3.2.1. Lipsa echivalenței speciilor ……. 79
4.3.2.2. Management versus diversitate …….. 81
4.3.2.3. Cuantificarea numerică a diversității genetice ……. 81
4.3.3. Cuantificarea colecțiilor de germoplasmă cultivate ……... 82
4.3.3.1. Probleme în estimarea numerică, folosită ca unitate de măsură a diversității …… 83
4.3.4. Diversitatea varietală *în situ* …… 84
4.3.4.1.Perspective generale privind diversitatea populațiilor locale conservate *in situ* …… 85
4.3.4.2. Varietățile locale, a căror denumire aparține agricultorilor. 86
4.4. Eroziunea genetică a genotipurilor locale …….. 87
4.4.1. Eroziunea genetică în retrospectivă și perspectivă …… 88
4.4.2. Eroziunea genetică de la narativ la estimare numerică ……. 90
4.4.3. Rolul markerilor moleculari ……... 92
4.5. Vulnerabilitatea genetică …… 95
4.5.1.Tipuri de vulnerabilitate genetică ……... 97
4.5.1.1. Indicatorii vulnerabilității genetice: diversitatea și uniformitatea ……. 98
4.5.1.2. Vulnerabilitatea mutațională ……. 98
4.5.1.3. Vulnerabilitatea migrației ……. 100
4.5.1.4. Vulnerabilitatea condițiilor de mediu …….. 101
4.5.2. Testarea în afara amplasamentului - măsurarea interacțiunii G × M ……... 101
4.6. Recomandări finale privind estimarea eroziunii genetice …….. 102

CAP. 5 - DIVERSITATEA GENETICĂ ȘI AMELIORAREA MO-MODERNĂ A PLANTELOR …… 104

5.1. Introducere …….. 104
5.2. Câștigul genetic și creșterea productivității plantelor ……..... 105
5.2.1. Câștigul genetic la porumb în România …… 107
5.3. Ameliorarea modernă a plantelor …….. 108
5.3.1 Ameliorarea modernă a plantelor și consecințele specializării . 110
5.3.2. Direcții noi de diversitate genetică, ca rezultat al modernizării ameliorării plantelor …….. 111

5.4. Cuantificarea diversității genetice …….. 112
5.5. Modele de schimbare a diversitatii genetice …….. 114
5.5.1 Deficiențe care au determinat pierderea diversității genetice odată cu domesticirea plantelor ……. 114
5.5.2. Modificări ale diversității genetice la porumb, de la populații locale la linii ameliorate si varietăți bine adaptate …… 114
5.5.3. Modificări ale diversității genetice prin introducerea soiurilor. 116
5.6. Măsuri de conservare a surselor suplimentare de diversitate ……. 118
5.6.1. Preocupări referitoare la uniformitatea genetică; exemple unde rezistența unei gene (sau a citoplasmei) a fost înlăturată …….. 118
5.6.2. Conservarea resurselor genetice vegetale …….. 121
5.6.3 Programe de extindere a bazei genetice în activitatea de ameliorare și în agricultură …… 124
5.6.4 Generarea diversității genetice suplimentare …….. 125
5.6.4.1. Utilizarea mutațiilor induse ……... 126
5.6.4.2. Utilizarea germoplasmei de la alte genuri sau familii botanice (transgenice) …….. 127
5.7. Protecția proprietății intelectuale și diversitatea genetică …….. 129
5.8. Concluzii ……. 132

CAP.6 - AMELIORAREA ŞI DIVERSITATEA GENETICĂ A PLANTELOR ÎN ROMÂNIA …… 136

6.1. Scurt istoric al ameliorării și răspândirii plantelor de cultură în România …… 136
6.2. Ameliorarea empirică a plantelor de cultură în România ……. 137
6.2.1. Soiurile și populațiile locale - sursă bogată în diversitate ……. 138
6.3. Ameliorarea metodică (științifică) a plantelor ……. 141
6.3.1. Perioada creării primelor soiuri ameliorate prin ameliorare științifică …….. 142
6.3.2. Perioada practicării agriculturii moderne, intensive ….. ……. 145
6.3.3. Perioada privatizării agriculturii și a economiei de piață ……... 149
6.4. Originea, evoluția și ameliorarea germoplasmei de grâu în România …. 152
6.5.Originea, evoluția și ameliorarea germoplasmei de porumb în România . 160
6.6. Metode și tehnici de ameliorare …… 169
6.6.1. Metode convenționale de ameliorare …….. 169
6.6.1.1. Selecția …… 169
6.6.1.2. Hibridarea …… 171
6.6.1.3. Consangvinizarea …… 173
6.6.1.4. Heterozisul …….. 174
6.6.1.5. Mutageneza ……. 174
6.6.2. Biotehnologii neconvenționale ……. 176

6.6.2.1. Biotehnologiile neconvenționale și transferul genelor … 177
6.6.2.2. Metoda electroporării …….. 178
6.6.2.3. Metoda biolistică ……. 180
6.6.2.4.Transferul de ADN cu ajutorul bacteriei *Agrobacterium tumefaciens* …….. 182

CAP. 7- DIVERSITATEA GENETICĂ ȘI EROZIUNEA GENETICĂ A PLANTELOR ÎN ROMÂNIA. STUDIU DE CAZ – PORUMBUL … 185

7.1. Istorie și Actualitate …… 186
7.2. Originea, evoluția și clasificarea porumbului ……. 187
7.3. Originea și evoluția porumbului în România ……. 189
7.3.1.Caractererele genetice implicate în domesticirea porumbului ….. 190
7.3.2.Căile și perioadele introducerii porumbului în România …….. 192
7.3.3. Clasificarea porumbului …… 193
7.3.3.1. Clasificarea artificială …….. 193
7.3.3.2. Clasificarea naturală …… 194
7.4. Clasificarea naturală a germoplasmei de porumb în România ……... 195
7.4.1. Eroziunea genetică a populațiilor locale de porumb din România 199
7.5. Ameliorarea științifică a porumbului în România …….. 209
7.6.1. Fondurile genetice de porumb aflate în inventarul instituțiilor de cercetare dezvoltare agricolă din România ……... 211

CAP. 8- DIVERSITATEA GENETICĂ ȘI CLASIFICAREA PLANTELOR MEDICINALE ÎN ROMÂNIA …… 217

8.1. Introducere …….. 217
8.2. Clasificarea plantelor medicinale și aromatice 220
8.3. Plante medicinale și aromatice din flora spontană și cultivată a României …… 225
8.3.1. Plantele medicinale din flora spontană …… 225
8.3.2. Cultivarea plantelor medicinale și aromatice în România 239
8.3.2.1. Ameliorarea plantelor medicinale și aromtice în România . 244

CAP. 9 - UTILIZAREA TEHNICILOR MOLECULARE PENTRU ANALIZA DIVERSITĂȚII GENETICE A PLANTELOR …… 248

9.1. Introducere …… 248
9.2. Evaluarea variațiilor genetice …… 248
9.2.1. Caracterizarea morfologică …… 249
9.2.2. Caracterizarea citologică …… 250
9.2.3. Caracterizarea biochimică …….. 252
9.2.4. Caracterizarea moleculară …….. 253

9.3. Alegerea markerului molecular "perfect" …….. 257
9.4. Tehnici care nu utilizează reacția în lanț a polimerazei (PCR) ……. 260
9.5. Markeri bazați pe tehnici de amplificare …… 262
9.5.1. Tehnici PCR bazate pe markeri nespecifici …… 262
9.6. Markeri bazați pe secvență specifică PCR …… 273
9.6.1. Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) …… 277
9.6.2. Markeri SNP și secvențierea întregului genom …….. 279
9.7. Markeri bazați pe alte tipologii de ADN …… 280
9.7.1. Markeri moleculari bazați pe ARN (RBMs) …….. 281
9.7.2. Markeri moleculari bazați pe elemente transpozabile …… 282
9.8. Optimizarea analizelor bazate pe markeri moleculari: Multiplex PCR.. 283
9.9. Marcheri ADN cu cod de bare …… 284
9.10. Diversity Arrays Technology (DArT) …….. 285
9.11. Tehnologii de secvențiere de ultimă generație …… 286
9.11.1. Secvențiere prin sinteză …… 286
9.11.2. Secvențiere prin ligare ……... 287
9.11.3. Secvențiere cu o singură moleculă …… 287
9.12. Concluzii și perspective …… 288

CAP. 10 - ADAPTAREA, DIVERSITATEA ȘI UNIFORMITATEA GENETICĂ A PLANTELOR …… 289

10.1. Adaptarea organismelor vii …….. 289
10.2. Adaptabilitatea sau capacitatea de adaptare a organismelor vii …… 290
10.3. Factorii genetici care influențează adaptarea …… 291
10.4. Diversitatea adaptărilor …… 293
10.4.1. Adaptarea morfologică …….. 293
10.4.2. Adaptarea fiziologică …… 295
10.4.3. Adaptarea etologică sau comportamentală …….. 296
10.5. Adaptarea și evoluția organismelor vii …… 297
10.5.1. Posibilitățile de realizare a adaptării …… 297
10.6. Uniformitatea genetică a organismelor vii și consecințele ei …….. 298
10.6.1. Uniformitatea genetică, cauza principală a atacului bolilor …. 298
10.6.1.1. Mana cartofului (*Phytophtora infestans*) …….. 299
10.6.1.2. Helminthosporioza porumbului *(Helminthosporium turcicum*) ……... 301
10.6.1.3. Cancerul citricilor (*Xanthomonas campestris)* …….. 302
10.7. Diversitatea genetică versus uniformitatea genetică …… 303
10.7.1.Uniformitatea genetică, cauza vulnerabilizării culturilor în prezența factorilor biotici și abiotici de stres ……... 304
10.8. Schimbările climatice și adaptarea ……... 306

10.8.1. Scurt istoric al evoluției schimbărilor climatice …… 307
10.8.2. „Efectul de seră" și schimbările climatice …… 308
10.8.3. Consecințele încălzirii globale …….. 309
10.8.4. Schimbările climatice în România și factorii climatici implicați …….. 311
10.8.4.1. Valori extreme ale temperaturilor …….. 311
10.9. Resursele genetice vegetale și schimbările climatice …….. 315
10.9.1. Adaptarea și schimbările climatice …… 316
10.9.2. Adaptarea populațiilor în condițiile schimbărilor climatice ….. 317

CAP.11 - CONSERVAREA *IN SITU ȘI EX SITU* A RESURSELOR GENETICE VEGETALE, MĂSURI IMPERATIVE PENTRU REDUCEREA EROZIUNII GENETICE A PLANTELOR …… 320

11.1. Protejarea speciilor înainte ca ele să dispară …… 320
11.2. Cauzele degenerării biodiversității …….. 323
11.3. Conservarea specifică a speciilor …… 324
11.4. Rolul cercetării și tehnologiei în conservarea biodiversității ……... 329
11.5. Strategii de conservare a biodiversității …….. 330
11.5.1. Strategii de conservare *in situ* …….. 331
11.5.2. Strategii de conservare *ex situ* …….. 336
11.5.2.1. Tehnologii de conservare *ex situ* …….. 338
11.6.Conservarea biodiversității genetice în România …….. 344
11.6.1. Conservarea *in situ* a resurselor genetice vegetale în România 349
11.6.2.Conservarea „*in situ on farm"* a varietăților locale, tradiționale 353
11.6.3.Conservarea *ex situ* a resurselor genetice vegetale în România 359
11.6.3.1. Conservarea resurselor genetice vegetale în grădini botanice ……. 359
11.7. Conservarea resurselor genetice vegetale la Banca de Resurse Genetice Vegetale „Mihai Cristea", Suceava……... 363
11.7.1. Colectarea și achiziția resurselor genetice vegetale …… 365
11.7.2. Multiplicarea și regenerarea resurselor genetice vegetale… 370
11.7.3. Caracterizarea și evaluarea resurselor genetice vegetale … 371
11.7.4. Conservarea resurselor genetice vegetale …… 376
11.7.5. Distribuția germoplasmei către diverși utilizatori ……. 381
11.7.6. Managementul informațiilor aferente resurselor genetice vegetale stocate în Bancă ……. …… 383

BIBLIOGRAFIE …… 384

CONTENT

Pag.

Preface …….. 15

CHAPTER 1 – PLANT GENETIC RESOURCES AND GENETIC DIVERSITY …… 18

1.1. Introduction ……... 18
1.2. Plant genetic resources content…….. 19
1.3. Wild relatives of cultivated plants ……. 19
1.4. Plants genetic diversity …….. 20
1.4.1. Levels of plants genetic diversity classification……. 21
1.5. The total volume of plant genetic resources at the worldwide …….. 25

CHAPTER 2 – GENE POOLS ……... 33

2.3. Introduction ……... 33
2.4. Confusions in approaching plant classification ……. 34
2.4.1. Primary gene pool …… 35
2.2.1. Secondary gene pool …… 35
2.2.3. Tertiary gene pool …… 36
2.3. Gene pool of *Avena* …… 38
2.3.1. Primary gene pool …… 38
2.3.2. Secondary gene pool …… 43
2.3.3. Tertiary gene pool …… 43
2.4. Clasification in „gene pools" ……. 45

CHAPTER 3 - PLANTS GENETIC EROSION …….. 47

3.1. Genetic erosion - What is it? …….. 47
3.2. Decline of cultivated plants genetic diversity …….. 48
3.3. Reduction in genetic diversity ever useful reduction? …… 50
3.4. Estimation of genetic material losses ……. 51
3.5. Genetic erosion dynamics in space in time …… 54
3.5.1. Sources of new genetic diversity …… 57
3.6. Practices to genetic erosion mitigation …….. 59
3.7. Genetic erosion and moderne agriculture …….. 63
3.8. Assessment of the plant species extinction rate …….. 65
3.9. Ensuring food security …….. 68

CHAPTER 4 – INDICATORS OF GENETIC DIVERSITY, GENETIC EROSION, AND GENETIC VULNERABILITY FOR PLANT GENETIC RESOURCES …… 72

4.1. Introduction …… 72
4.1.1. Use and interpretation of diversity indicators ……. 73

4.1.2. Germplasm sampling …….. 73
4.1.3. Germplasm quantification …….. 74
4.1.4. Germplasm comparability ……... 74
4.2. Genetic diversity calculation ……. 74
4.2.1. Location in plant genomes of genetic diversity ……. 74
4.2.2. Diversity richness and evenness …… 75
4.3. Basic biodeiversity indicators…….. …… 76
4.3.1. Genetic diversity indicators by genetic resource category …… 76
4.3.2. Wild relatives …….. 77
4.3.2.1. Lack of species equivalence …… 79
4.3.2.2. Management versus diversity ……. 81
4.3.2.3. Numerical quantification of genetic diversity ……. 81
4.3.3. Quantification of collections of cultivated germplasm …….. 82
4.3.3.1. Problems in numerical estimation, used as a unit to measure diversity ……. 83
4.3.4. *In situ* Varietal diversity …….. 84
4.3.4.1. General perspectives on the diversity of local populations *in situ* preserved ……... 85
4.3.4.2. Local varieties, called by farmers …… 86
4.4. Genetic erosion …….. 87
4.4.1. Erosion in Retrospect or in Prospect ……. 88
4.4.2. Genetic erosion from narrative to numerical estimation ……... 90
4.5.3. Molecular markers role……... 92
4.5.Genetic vulnerability ……... 95
4.5.1.Genetic vulnerability kinds …… 97
4.6.1.1. Richeness and evenness as indicators of genetic vulnerability……... 98
4.6.1.2. Mutational vulnerability …… 98
4.6.1.3. Migrational vulnerability …….. 100
4.6.1.4. Environmental vulnerability ……. 101
4.5.2. Off-site testing—pursuing measurement of G × E …… 101
4.7. Final recommendations on genetic erosion estimation …….. 102

CHAPTER 5 - GENETIC DIVERSITY AND MODERN PLANTS BREEDING …….. 104

5.1. Introduction …… 104
5.2. Genetic gain and increased plant productivity …… 105
5.2.1. Genetic gain in maize in Romania ……. 107
5.3. Modern plants breeding …….. 108
5.3.1 Modern plant breeding and consequences of role specialization 110
5.3.2. New arrays of genetic diversity as a result of modern plant breeding …….. 111
5.4. Measuring genetic diversity …… 112

5.5. Models of changing genetic diversity …… 114
5.5.1 Deficiences where genetic diversity can be lost with the domestication of plants …….. 114
5.5.2. Changes in genetic diversity in maize, from local populations to improved lines and well-adapted cultivars ……... 114
5.5.3. Changes in genetic diversity by introducing of modern varieties ……... 116
5.6. Measures to conserve and sources of additional genetic diversity ….. 118
5.6.1. Concerns about genetic uniformity; examples where single - gene (or cytoplasmic) resistances have broken down ……. 118
5.6.2. Plant genetic resources conservation …… 121
5.6.3 Programs to broaden the genetic base in breeding and agriculture …….. 124
5.6.4 Generating additional diversity …….. 125
5.6.4.1. Use of induced mutations …….. 126
5.6.4.2.Use of germplasm from other genera or phyla (transgenic) ……... 127
5.7. Intellectual property protection and genetic diversity …… 129
5.8. Conclusions …… 132

CHAPTER 6 – GENETIC DIVERSITY AND PLANTS BREEDING IN ROMANIA …….. 136

6.1. Brief history of the plants breeding and spread of crops in Romania ... 136
6.2. Empirical plants breeding in România ……... 137
6.2.1. Advanced cultivars and local varieties - rich sourses of diversity 138
6.3. Metodical (scientific) plants breeding …… 141
6.3.1. The creation period of the first varieties by scientific breeding . 142
6.3.2. Period of practicing modern and intensive agriculture …….. 145
6.3.3. Period of agriculture privatization and market economy ……. 149
6.7. Origin, evolution and breeding of wheat germplasm in Romania ……. 152
6.8. Origin, evolution and breeding of maize germplasm in Romania ……. 160
6.6. Breeding methods and techniques ……. 169
6.6.1. Conventional breeding methods ……. 169
6.6.1.1. Selection ……. 169
6.6.1.2. Hibridation ……. 171
6.6.1.3. Inbreeding …….. 173
6.6.1.4. Heterozis …… 174
6.6.1.5. Mutagenesis …… 174
6.6.2. Unconventional breeding methods …… 176
6.6.2.1. Conventional biotechnologies and gene transfer …….. 177

6.6.2.2. Eloectroporation method …… 178
6.6.2.3. Biolistic method …….. 180
6.6.2.4. DNA transfer with bacteria *Agrobacterium tumefaciens* 182

CHAPTER 7 – GENETIC DIVERSITY AND EROSION OF CROP PLANTS IN ROMANIA. CASE STUDY – MAIZE …… 185

7.1. History and News ……... 186
7.2. Origin, evolution and classification of maize …… 187
7.3. Origin and evolution of maize in Romania …… 189
7.3.1.Genetic characteristics involved in maize domestication ……. 190
7.3.2. The ways and periods of maize introduction in Romania …… 192
7.3.3. Maize classification ……... 193
7.3.3.1. Artificial classification …… 193
7.3.3.2. Natural classification ……... 194
7.4. Natural classification of maize germplasm in Romania …… 195
7.4.1. Genetic erosion of local maize populations in Romania ……... 199
7.5. Scientific breeding of maize in Romania …….. 209
7.5.1. Maize genetic pools in the inventory of agricultural research and development institutions from Romania ……. 211

CHAPTER 8 - GENETIC DIVERSITY AND CLASSIFICATION OF MEDICINAL AND AROMATIC PLANTS IN ROMANIA ……... 217

8.1. Introduction …… 217
8.2. Classification of medicinal and aromatic plants …… 220
8.3. Medicinal and aromatic plants from spontaneus and cultivated flora of Romania …….. 225
8.3.1. Medicinal and aromatic plants from spontaneus flora …….. 225
8.3.2. The cultivation of medicinal and aromatic plants in Romania …... 239
8.3.2.1. Medicinal and aromatic plants breeding in Romania …….. 244

CHAPTER 9 – USE OF MOLECULAR TECHNIQUES FOR PLANT GENETIC DIVERSITY ANALYSES ……... 248

9.1. Introduction …… 248
9.2. The assessment of genetic variation …….. 248
9.2.1. Morphological characterization …….. 249
9.2.2. Cytological characterization …… 250
9.2.3. Biochemical characterization ……. 252
9.2.4. Molecular characterization ……. 253
9.3. The choice of „perfect" molecular marker …… 257

9.4. Non-PCR-Based Techniques ……. 260
9.5. Markers based on amplification techniques …….. 262
9.5.1. PCR techniques based on non-specific markers …… 262
9.6. Markers based on specific sequence PCR …….. 273
9.6.1. Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) …… 277
9.6.2. SNP markers and whole-genome sequencing …… 279
9.7. Markers based on other DNA typology ……. 280
9.7.1. RNA-based molecular markers (RBMs) ……. 281
9.7.2. transposable elements-based molecular markers …… 282
9.8. Optimization of molecular marker-based analysis: multiplex PCR ….. 283
9.9. DNA barcoding markers ……. 284
9.10. Diversity Arrays Technology (DArT) ……. 285
9.11. Next-generation sequencing technologies …… 286
9.11.1. Sequencing by synthesis …… 286
9.11.2. Sequencing by ligation …….. 287
9.11.3. Single-molecule sequencing …….. 287
9.12. Conclusions and prospects …… 288

CHAPTER 10 - ADAPTABILITY, DIVERSITY AND GENETIC UNIFORMITY OF PLANTS …… 289

10.1. Adaptation of living organisms …… 289
10.2. Adaptability or adaptation capacity of living organisms …… 290
10.3. Genetic factors which influenced adaptation ……... 291
10.4. Diversity of adaptation ……. 293
10.4.1. Morphological adaptation ……. 293
10.4.2. Physiological adaptation …… 295
10.4.3. Ethological or behavioral adaptation ……. 296
10.5. Adaptation and evolution of living organisms ……. 297
10.5.1. Possibilities of adapting ……. 297
10.6. The genetic evenness of living organisms and its consequences …… 298
10.6.1. The genetic evennes, the main causes of disseas attack …….. 298
10.6.1.1. Potato parel (*Phytophtora infestans*) ……. 299
10.6.1.2. Leaf spot *(Helminthosporium turcicum*) …… 301
10.6.1.3. Citrus cancer (*Xanthomonas campestris)*…… 302
10.7. Genetic diversity versus genetic uniformity ……. 303
10.7.1.Genetic uniformity, the cause of crop vulnerability in the presence of biotic and abiotic stress factors …… 304
10.8. Climatic changes and adaptability …… 306
10.8.1. Brief history of climate change evolution ……. 307
10.8.2. The "greenhouse effect" and climate change …… 308

10.8.3. The consequences of global warming ……... 309
10.8.4. Climate change in Romania and climatic factors involved ….. 311
10.8.4.1. Extreme values of temperatures ……. 311
10.9. Plant genetic resources and climatic changes …….. 315
10.9.1. Adaptation and climatic changes …….. 316
10.9.2. Landraces adaptation in climatic changes conditions ……... 317

CHAPTER 11 - *IN SITU AND EX SITU* CONSERVATION OF PLANT GENETIC RESOURCES, IMPERATIVE MEASURES TO REDUCE THE REQUEST OF GENETIC EROSION OF PLANTS …. 320

11.1. Protecting species before they disappear ……. 320
11.2. Causes of biodiversity degradation …….. 323
11.3. Specific conservation of species ……... 324
11.4. The role of research and technology in biodiversity conservation …... 329
11.5. Biodiversity conservation strategies …… 330
11.5.1. *In situ* conservation strategies ……. 331
11.5.2. *Ex situ* conservation strategies ……. 336
11.5.2.1. *Ex situ* conservation technologies …….. 338
11.6. Conservation of genetic diversity in Romania ……. 344
11.6.1. *In situ* conservation of plant genetic resources in Romania …. 349
11.6.2. *In situ on farm* conservation of local varieties in Romania … 353
11.6.3. *Ex situ* conservation of plant genetic resources in Romania 359
11.6.3.1.Plant genetic resources conservation in botanical garden 359
11.7. *Ex situ* conservation of plant genetic resources in Genebank „Mihai Cristea", of Suceava …….. 363
11.7.1.Collecting of plant genetic resources …….. 365
11.7.2.Multiplication & regeneration of plant genetic resources ….. 370
11.7.3.Characterization & evaluation of plant genetic resources …… 371
11.7.4. Storage of plant genetic resources …… …… 376
11.7.5. Germplasm distribution to various users …… 381
11.7.6. Information management related to plant genetic resources stored in the Suceava Genebank ……. 383

BIBLIOGRAPHY …… 384

Cuvânt înainte

Fără îndoială, una din caracteristicile importante ale lumii vii este DIVERSITATEA. Lumea evoluează neîntrerupt pentru că este diversă, iar diversitatea nu se poate forma înafara evoluției. Pentru a scoate mai bine în evidență rolul și importanța diversității genetice, trebuie să facem următoarea subliniere:„ în lipsa diversității genetice nu poate exista nici adaptarea și nici evoluția" De fapt una din principiile de bază ale evoluției biologice, constă în faptul că rata schimbărilor evolutive este proporțională cu capacitatea de diversificare a speciei.

Privite în dinamica lor, cele două fenomene ale naturii – diversitatea și evoluția – acționează pentru continua transformare a lumii vii către perfecțiune, deși perfecțiunea nu poate fi atinsă niciodată, ea rămânând întotdeauna într-o stare potențială de a deveni perfectă.

Evoluția viețuitoarelor, de la prima formă de viață - gena primitivă liberă – și până la formele evoluate de astăzi, atât de complexe și de superior organizate – structural și funcțional – dovedește câtă forță de transformare, există în natură, cu potențial de a genera progres. Se confirmă astfel adevărul formulat de filozoful grec Aristotel (384-322 î.e.n.) că „în natură nu se face nimic în zadar".

Diversitatea lumii vii este atât de surprinzătoare încât omul până a înțelege mecanismele biologice ale transformărilor, rămâne uimit de ceea ce observă la prima vedere: bogăția, frumusețea și marea diversitate a formelor de viață.

Diversitatea adaptărilor depășește uneori prin „ingeniozitate" și „inventivitate" toate așteptările, dat fiind că viețuitoarele în lupta lor pentru supraviețuire, devin „obligate" să găsească „soluții" de viață, chiar și în cele mai grele condiții, considerate uneori improprii vieții. Și

*în acest caz, nu se poate ajunge la asemenea transformări dacă nu ar exista **diversitatea.***

Deşi supusă unor presiuni puternice a factorilor naturali ai evoluţieri, dar cu prioritate din partea omului, care paradoxal pentru propria-i supravieţuire, devine obligat ca dintr-un distrugător de biodiversitate să devină şi un apărător al acesteia. Această dublă putere a omului de distrugător şi de apărător al biodiversităţii, subliniază responsabilitatea sa, în acţiunile îndreptate spre conservarea naturii, care prin potenţialul ei ne poate asigura liniştea, frumuseţea vieţii şi sănătatea.

*Din păcate diversitatea genetică sub toate formele ei de exprimare, este atacată de cel mai de temut duşman – **eroziunea genetică**, care prin multiplele acţiuni ale omului, de distrugere şi degradare, provoacă mari pierderi ale diversităţii. De fapt însăşi noţiunea de eroziune genetică, are menirea să explice conţinutul şi urmările acestui fenomen. Sintetic vorbind, eroziunea genetică înseamnă orice pierdere sau distrugere de material genetic, adesea multiplicată şi/sau accelerată de activitatea umană.*

Prima utilizare a termenului „eroziunea genetică" a fost folosit odată cu înlocuirea soiurilor şi a populaţiilor locale tradiţionale, cu un potenţial de producţie mai scăzut, cu soiurile/hibrizii moderni foarte productivi şi cu alte însuşiri valoroase.

Acest proces cunoaşte o evoluţie continuă, întrucât amelioratorii de plante crează organisme noi din ce în ce mai perfecţionate, cu randamente superioare, şi cu însuşiri calitative mai valoroase. Dacă acest proces este de apreciat, prin tendinţa pozitivă ce o urmăreşte pentru producţia agricolă, dar nu acelaşi lucru se poate spune despre grija omului, pentru soarta materialului înlocuit, care în frecvente cazuri urmează drumul consumului, în loc să fie conservat pentru însuşirile favorabile, care l-a recomandat la vremea lui să fie cultivat.

Orice material nou creat este promovat în marea producție pentru o serie de însușiri favorabile. Înlocuirea lui cu alt soi, nu poate anula valoarea acelei însușiri care l-a recomandat, la vremea respectivă, ca valoros, fapt ce obligă conservarea lui în condiții controlate, pentru că nimeni nu poate ști ***când*** *și* ***unde****, unele din însușirile valoaroase ale soiului înlocuit, pot fi de mare folos pentru omenire.*

*Autorii lucrării „****Diversitatea genetică și eroziunea genetică a resurselor genetice vegetale****”își exprimă încrederea că informațiile și datele prezentate precum și concluziile la care s-au ajuns, vor fi de folos cadrelor didactice și studenților din învățământul superior agricol și cercetătorilor din instituțiile de cercetare agricolă, precum și celor care într-un fel sau altul sunt interesați de conservarea naturii.*

Avem convingerea că lucrarea, prin conținutul ei tematic, reprezentă o abordare unică în literatura noastră de specialitate, punând în dezbatere o problemă atât de important și de mare actualitate științifică și practică, în ceea ce privește DIVERSITATEA GENETICĂ A PLANTELOR și dușmanul acesteia EROZIUNEA GENETICĂ.

A acorda atenție și grijă problemelor din agricultură, a respecta natura, cu toate valorile ei incontestabile (estetic, economic, un mediu curat, generând optimism și sănătate) înseamnă a ne respecta pe noi înșine, pe copii și nepoții noștri și pe cei ce vor veni după noi.

Autorii

CAPITOLUL 1

RESURSELE GENETICE VEGETALE ȘI DIVERSITATEA GENETICĂ

1.5. Introducere

Resursele genetice vegetale reprezintă un patrimoniu universal cu o valoare inestimabilă pentru întreaga omenire, devenind astfel de mare interes și de actualitate. Există informații care arată că 10% din speciile existente au primit denumiri științifice, reprezentând 250.000-300.000 de specii. Dintre acestea, 20% asigură 90% din cerințele alimentare, iar 9 specii acoperă 75% din necesarul de alimente și numai 4 specii: orez, grâu, porumb și cartof furnizează 60% din acest necesar (FAO 2012). Pe baza acestor date se poate constata cauzele care au generat eroziunea genetică a multor resurse genetice vegetale, resurse care pot fi caracterizate plecând de la numărul de 300.000 de specii superioare. Numai 7000 de specii au fost domesticite până în prezent, fiind cultivate de oameni de-a lungul mileniilor în diferite scopuri. Asigurarea alimentelor pentru hrană este oferită de 30 de specii de plante, care asigură 98% din energia alimentară sau de proteine. În fiecare an apare un număr redus de varietăți noi, care sunt cultivate pe Terra, în funcție de cerințele fiecărui stat, de condițiile de mediu, etc.

Interesul pentru stabilitatea producției agricole și a siguranței alimentare, a încurajat conservarea și utilizarea resurselor genetice vegetale, constituind în același timp sursa schimbărilor dramatice în cercetarea agricolă, mai ales în domeniile geneticii, fiziologiei, fitopatologiei, biochimiei etc.

Evaluarea și documentarea resurselor genetice vegetale reprezintă o condiție prealabilă pentru folosirea durabilă a acestora și pentru asigurarea securității alimentare.

1.2. Conținutul resurselor genetice vegetale

Resursele genetice vegetale sunt reprezentate de orice tip de propagare reproductivă sau vegetativă a soiurilor cultivate, sau nou create, cultivare vechi scoase din cultură, populații locale, specii sălbatice și buruieni, rude ale plantelor cultivate, stocuri genetice, linii ameliorate, forme mutante, etc. Cu alte cuvinte, resursele genetice vegetale, pot fi considerate, orice material genetic cu utilizare prezentă și cu potențial generos pentru asigurarea hranei populației. Ele includ toate plantele importante pentru diferite necesități ale societății, inclusiv toate culturile agricole, împreună cu rudele lor sălbatice, care prin potențialul lor genetic valoros, pot contribui la ameliorarea plantelor.

1.3. Rudele sălbatice ale plantelor cultivate

Cu toate că adesea termenul de resurse genetice vegetale este folosit în sens restrâns, fiind utilizat în mod deosibit pentru o anumită categorie de resurse genetice vegetale (populații locale, soiuri vechi tradiționale, specii sălbatice, etc. În ultima vreme datorită atenției deosebite acordată resurselor genetice vegetale, cercetările efectuate au scos în evidență valoarea și a altor resurse genetice vegetale, dintre care se evidențiază „rudele sălbatice" ale plantelor cultivate, care prin apropierea genetică de plantele cultivate, oferă condițiile tehnice pentru transferul genelor valoroase în speciile cultivate, deficitare în însușiri valoroase, cu deosebire rezistența la condițiile de mediu precare, precum și la boli și dăunători.

Numeroasele specii sălbatice, din care s-au dezvoltat plantele cultivate de astăzi, există și în prezent în natură, ele fiind denumite uzual „plante sălbatice înrudite". Continuând să evolueze în natură, plantele sălbatice înrudite, au suportat de-a lungul vremii, condițiile vitrege ale naturii, dezvoltând în interesul supraviețuirii, o serie de însușiri de rezistență la temperaturi suboptimale (frig, temperaturi ridicate, soluri sărace în elemente nutritive, precum și rezistență și/sau toleranță la atacul bolilor și dăunătorilor. În literatura de specialitate din țara noastră

Mihai D. Cristea și Danela Murariu în anul 2018, au publicat lucrarea „Rudele sălbatice ale plantelor cutlivate în România”

Diversitatea genetică a plantelor rezultă în principal din variațiile secvențelor de nucleotide a ADN-ului din orice specie. O mică parte se poate schimba datorită unor mutații care pot fi observate în variația proteinei și în polimorfismul markerilor, în variația caracterelor morfologice, fiziologice, în caracterele agronomice îmbunătățite în soiurile nou create, de asemenea, resursele genetice vegetale conservate în băncile de gene pentru funcțiile lor ereditare.

Atunci când o populație deține un fond de gene larg, organismele au mai multe oportunități de existență și răspândire, față de o populație cu baza genetică îngustă (săracă). În acest caz unele dintre plantele acestei populații deosebite, pot avea însușiri de rezistență la diferite tipuri de stres, biotic și abiotic, sau pot avea însușiri care le-ar asigura mai multe șanse pentru supraviețuire. Conform selecției naturale, supraviețuiesc numai indivizii care se aseamănă cu cei cu rezistență ridicată. În cazul unei epidemii de boli care amenință o specie, indivizii din cadrul speciei sunt forțați să se reproducă între rude apropiate, rezultând o depresie de încrucișare. Astfel că structura genetică a indivizilor dintr-o populație se dovedește a fi tot mai identică. În consecință eroarea genetică devine o mare problemă. Situația s-ar putea dovedi foarte dăunătoare atunci când încrucișările au loc între rude foarte apropiate. Genele letale ascunse la părinți, se pot multiplica, iar efectul dăunător, fenotipic se poate manifesta la descendenți. De exemplu, orice organism poate fi purtător a unei anumite boli, dar simptomele bolii nu pot fi identificate fenotipic. Indivizii înrudiți sunt mai susceptibili de a avea mutații identice și când aceștia se încrucișează, descendenții rezultați pot avea simptomele acelei boli. Într-o populație cu baza genetică îngustă este posibil ca unii indivizi purtători ai unei boli să determine încrucișarea și după o anumită perioadă de timp, o populație în întregul ei va fi destabilizată. Diversitatea genetică, consolidează o populație prin activarea posibilităților măsurabile, unii indivizi vor fi capabili, în primul rând, să suporte turbulențele factorilor naturali, astfel

că prin încrucișări vor rezulta indivizi mai puțin vulnerabili la acțiunile agresive ale factorilor naturali.

1.4. Diversitatea genetică a plantelor

Diversitatea genetică reprezintă diferențele ce se dezvoltă în orice tip de organism, în structura ereditară și a condițiilor de mediu în care trăiesc. Unii indivizi vor dovedi mai multă rezistență și vor depăși condițiile naturale precare. Prin progresele recente făcute în biotehnologie, există tehnici care pot fi utile activității amelioratorilor de plante, pentru a îmbunătăți calitatea soiurilor și, de asemenea, să genereze o nouă variabilitate genetică. Prin reproducere convențională, oameni de știință fac eforturi pentru a crea soiuri rezistente la factorii de stres biotic și abiotic, pentru productivitate și pentru o bună calitate, sau pentru alte caracteristici dorite. Când diversitatea genetică scade apare pericolul transmiterii unor trăsături nedorite. Într-o bază genetică îngustă, plantele nu au multe opțiuni, să se încrucișeze cu alți indivizi din cadrul populației, fiind forțați să se încrucișeze cu rude foarte apropiate, ceea ce va provoca o depresie de încrucișare a plantelor.

1.4.1. Niveluri de clasificare a diversității genetice a plantelor

Diversitatea biologică, reprezintă diferențele prezente în orice tip de organism, în materialul lor ereditar și în mediul în care acestea trăiesc. Bazându-se pe aceasta, diversitatea poate fi divizată în trei niveluri: diversitatea genelor, diversitatea speciilor și diversitatea ecosistemelor.

a) Diversitatea genelor

Una dintre cele mai importante însușiri ale resurselor genetice vegetale constă în diversitatea genelor, care rezultă din variațiile secvențelor de nucleotide ale ADN-ului din orice specie. Ea corespunde în totalitate informațiilor genetice conținute de microorganisme, organisme animale și vegetale care trăiesc pe Terra. În interiorul speciei, diversitatea genetică permite adaptarea organismelor la schimbările de

climă și de mediu, la metodele culturale noi sau la apariția unor noi rase de boli și dăunători.

Specialiștii susțin că nici o sursă vie nu este mai valoroasă decât genele, deoarece ele dirijează activitatea fiecărui organism, fie el om, animal sau plantă, bacterie sau virus. Altfel spus întreaga viață pe Pământ, de la formele cele mai simple, până la organismele superioare, se găsesc sub controlul genelor. Aceasta nu înseamnă că trebuie neglijată importanța celorlalte organisme abiotice, dar, **gena reprezintă însăși sursa fundamentală a vieții**, celelalte resurse naturale neavând gene, nu au viață. Fără viață valoarea tuturor resurselor naturale, rămâne doar în sine, fiind lipsite de posibilitățile transformărilor evolutive, așa cum se întâmplă la organismele care posedă gene. Dacă în anumite condiții speciale, în urmă cu 37 de miliarde de ani, nu ar fi apărut gena primitivă liberă, probabil că Pământul ar fi avut aceiași soartă ca și Luna.

Datorită genelor se poate vorbi astăzi de evoluția biologică, ajungându-se după perioade foarte mari de timp la formele de viață complexe și superior organizate, ca de exemplu omul. Genele au făcut posibilă diversificarea vieții, încât ea să existe peste tot.

Referitor la termenul de genă, acesta a fost introdus de Iohansen în 1903, înțelegând prin aceasta o particulă materială, care determină apariția unuia sau a mai multor caractere. Termenul de genă, a fost acceptat de biologi, înlocuind termenul de factor ereditar introdus de Mendel, care l-a denumit o particulă transmițătoare de ereditate. În prezent termenul de genă este folosit în toată lumea, având darul de a sugera faptul că determină geneza și continuitatea vieții.

Din punctul de vedere al geneticii moleculare gena reprezintă o secvență de nucleotide din macromolecula de ADN, care transmite mesajul genetic prin procesul translației, determinând astfel formarea unuia sau a mai multor caractere.

În trecut gena era considerată o unitate de funcție, de mutație și de recombinare. Întrucât gena acționează ca un întreg, poate fi considerată o unitate de funcție, nu același lucru se poate spune despre mutație și recombinare. În interiorul aceleiași gene, există un număr

mare de nucleotide sau baze nucleice, ce pot suferi numeroase mutații. Nici recombinarea nu poate oferi unitate genei, deoarece în interiorul aceleiași gene pot avea loc diferite recombinări între nucleotide, dar nu și diviziuni prin recombinări intergenice.

b) Diversitatea speciilor

Diversitatea speciilor corespunde cu numărul speciilor existente într-o zonă dată. Cu cât numărul speciilor este mai mare cu atât diversitatea lor crește. Disciplina care se ocupă de studiul populațiilor, raselor, subspeciilor, precum și a taxonilor superiori, încercând prin aceasta, caracterizarea lor, să stabilească asemănările, deosebirile, legăturile între ele și gradul lor de diversitate este *sistematica*. Ea se ocupă cu studiul diversității genetice a organismelor.

Diversitatea grupelor legate de existența și dezvoltarea unor bariere de natură diferită (geografice, ecologice, fiziologice, genetice) împiedică într-o oarecare măsură amestecul sau încrucișarea între grupele diferențiate. Pe de altă parte, diversitatea este în însăși structura unităților grupelor intraspecifice, în care caz între părțile componente nu există asemenea bariere (Botnariuc, 1974).

În general, fiecare specie este alcătuită din populații locale, care se diferențiază între ele. Populația ocupă nișe ecologice diferite, dar în zonele de contact ele se hibridează, dând naștere la forme intermediare, sporind diversitatea. În unele cazuri populațiile sunt izolate prin bariere geografice, schimbul de gene între asemenea populații este foarte redus, ceea ce face ca aceste populații izolate să evolueze spre specie.

Structura genetică a speciei nu este omogenă, ea prezentând variații de la centrul habitatului spre periferie, datorită uniformității condițiilor de mediu. Cu toate acestea, specia se caracterizează printr-o însemnată coeziune genetică, determinată de acțiunea și interacțiunea genelor din interiorul speciei.

Având în vedere izolarea reproductivă, structura genetică și valoarea de adaptare ridicată, specia este categoria biologică și taxonomică cel mai bine conturată dintre toate categoriile biologice și taxonomice (Ceapoiu, 1980).

Diversitatea speciilor este foarte bogată și ea se îmbogățește mereu. Cercetările ce se fac, aduc în permanență descoperiri noi. În Antarctica, se fac cercetări la mari adâncimi, unde condițiile de mediu sunt foarte diferite, la limita supraviețuirii, unde temperaturile sunt mult mai scăzute, iar lumina și oxigenul aproape inexistente, și cu toate acestea au fost descoperite forme de viață. De asemenea, au fost găsite forme de viață și în unele peșteri foarte adânci, unde condițiile de mediu sunt aproape de limita vieții. Diversitatea genetică nu se oprește la nivelul speciilor, întrucât acestea sunt subdivizate în subspecii, rase, varietăți, populații, etc.

Pe parcursul timpului au fost elaborate mai multe concepte despre specie (Darwin, 1859, Cain,1934, Mayr, 1951,1963). O relevanță deosebită are conceptul de specie biologică.

Mai mulți autori (Jordin,1905, Mayr 1969, Dobzonski, 1930, 1931a, Simson, 1984) definesc specia ca fiind o comunitate reproductivă de populații, izolată reproductiv de alte comunități și care ocupă o nișă specifică în natură. După Mayr (1984) conceptul de specie biologică prezintă trei aspecte caracteristice: speciile sunt izolate reproductiv, unele de altele, între specii există anumite relații de natură ecologică.

Ca sistem biologic supraindividual, specia are o anumită organizare, deci o anumită structură și îndeplinește anumite funcții în biocenoză. Specia este eterogenă, concretizată în polimorfismul ei. În interiorul speciei sunt diferite grupuri intraspecifice. Semnificația biologică a acestor grupuri, constă în creșterea posibilităților de valorificare a condițiilor de viață, a răspândirii speciei, a dezvoltării unor relații intraspecifice, a creșterii capacităților de adaptare.

c*) Diversitatea ecosistemelor*

Ecosistemele sunt constituite din comunități interdependente de specii (amestec de specii, varietăți sau rase) și mediul său fizic.

Perimetrul unui ecosistem sau habitat este imprecis; un ecosistem putând să acopere mai multe mii de hectare sau numai câteva hectare. Se deosebesc printre ecosistemele mari, sisteme naturale precum ierburile, recifii de corali, mlaștinile și pădurile tropicale, precum și ecosistemele

agricole care se caracterizează printr-o combinație de specii de plante și animale, chiar dacă existența și prezervarea lor depind de intervenția omului.

Având în vedere că în fiecare ecosistem există o mare diversitate de forme vegetale și animale și că între ecosisteme sunt diferențe și mai mari, ne arată cât de importante sunt ecosistemele pentru biodiversitate în general.

Fiecare ecosistem se caracterizează printr-o anumită structură de specii vegetale și animale, care interacționează între ele, și cu mediul înconjurător. Particularitățile structurale și funcționale ale fiecărui ecosistem îi conferă o anumită specificitate, prin care se deosebește de celelalte ecosisteme.

Ecosistemele pot fi naturale sau artificiale. Cele naturale s-au format și se mențin sub influența factorilor naturali specifici zonei respective. Când într-un ecosistem pătrund factorii străini ecosistemului, echilibrul se deteriorează, ecosistemul suferind perturbații.

Ecosistemele artificiale sunt organizate și conduse de om în scopul asigurării unei productivități cât mai ridicate ale acestora.

1.5. Volumul total de resurse genetice vegetale la nivel mondial

Întrucât „resursele genetice vegetale” reprezintă un patrimoniu universal, cunoașterea acestui patrimoniu, îndeosebi de specialiștii în doneniu, dar și de toți cei care într-un fel sau altul, sunt interesați de inventarul global a acestei bogății universale, este prezentat în tabelul 1.1.

La nivel mondial totalul colecțiilor de resurse genetice vegetale se ridică la 2,5 milioane de intrări, din care mai mult de 1,2 milioane (48%) reprezintă cerealele, 369.000 (14,7%) leguminoasele alimentare, 215.000 (86%) gramineele și leguminoasele furajere, 137.000 (5,5%) legumele, 174.000 (3%) rădăcinoasele și tuberculiferele (tabelul 1.1.).

Tabelul 1.1.

Numărul total de intrări în colecția mondială de resurse genetice vegetale

Cultura	Număr de:			Procentul de diversitate genetică	
	Intrări	Eşantioane distincte	Colecţii mai mari de 200 de intrări	Varietăţi tradiţionale	Specii sălbatice
CEREALE					
Grâu	410.000	125.000	37	95	60
Orz	280.000	55.000	51	85	20
Orez	215.000	90.000	29	75	10
Porumb	100.000	50.000	34	95	15
Sorg	95.000	30.000	28	80	10
Ovăz	37.000	15.000	10	90	50
Mei	41.000	3.000	8	60	10
Elensine	9.000	5.000	8	45	10
Alte forme de mei	16.000	8.000	17	80	30
LEGUMINOASE PENTRU BOABE					
Fasole	105.500	40.000	22	50	10
Soia	100.000	18.000	28	60	30
Arahide	34.000	11.000	7	70	50
Mazăre chiche	25.000	13.500	15	80	10
Mazăre cajan	22.000	11.000	10	85	10
Mazăre	20.500	6.500	11	70	10
Miebe	20.000	12.000	12	75	1
Haricot mungo	16.000	7.500	10	60	5
Linte	13.000	5.500	11	70	10
Bob	10.000	5.000	10	75	15
Lupin	3.500	2.000	8	50	5
RĂDĂCINOASE ŞI TUBERCULIFERE					
Cartof	42.000	30.000	28	95	40
Manioc	14.000	6.000	14	35	5
Igname	10.000	5.000	12	40	5
Cartof dulce	8.000	5.000	27	50	1
PLANTE INDUSTRIALE					
Bumbac	30.000	8.000	12	75	20

Trestie de zahăr	23.000	8.000	12	70	5
Cacao	5.000	1.500	12	x	x
Sfeclă de zahăr	5.000	3.000	8	50	10
PLANTE FURAJERE					
Leguminoase	13.000	0	47	0	0
Graminee	85.000	0	44	0	0

CEREALE

a) Colecţiile mondiale la grâu (*Triticum sp.*)

Cerealele sunt bine reprezentate în băncile de gene, grâul ocupând primul loc. Cele 41.000 de probe, reprezentă grâne domestice din Orientul Mijlociu, conservate în 40 de Bănci de gene, majoritatea constituind forme locale și forme sălbatice înrudite. Colecțiile conservate pe „termen lung" sunt păstrate în băncile de gene din țările dezvoltate, în particular la VIR, San Petersburg, în Federaţia Rusă, precum și în Banca de gene a Laboratorului Naţional de Conservare a Seminţelor (NSSL) din Fort Collins, Colorado (SUA) şi la Institutul de Germoplasmă din Bari, Italia, dar și la Institutul de Germoplasmă din Kyoto, Japonia unde se conservă o colecţie „de bază" alcătuită din forme sălbatice, rude ale grâului, axate pe genurile *Triticum* şi *Aegilops*.

Cele mai mari colecţii din ţările în curs de dezvoltare se găsesc conservate la CIMMYT (Centrul Internaţional de Ameliorare a Porumbului şi Grâului) din Mexic şi la ICARDA (Centrul Internaţional de Cercetare Agricolă pentru Zonele Aride) din Siria.

La CIMMYT se conservă o colecţie de „durată medie", compusă din 31.000 de varietăţi tropicale şi subtropicale de grâu şi triticale, în timp ce ICARDA conservă 16.500 de forme de grâu (tabelul 1. 2.).

Tabelul 1.2

Fondul mondial de germoplasmă la grâu, conservat în Băncile de gene de pe Mapamond

Numărul de intrări	Tipul de păstrare	Instituţia	Locaţia
74500	M*L	VIR	Petrograd, Federaţia Rusă
39003	M	USDA	Beltsville, Md. SUA
37477	L*	NSSL	Fort Collins, Colorado, SUA
31144	M	CIMMYT	El Batan, Mexic
31000	C	ARO	Bet Dagan, Israel
26000	M,L	IG	Bari, Italia
22100	L	NSWDA	Tamworth, Australia
20000	C*	GCI	Beijing, China
16596	C	ICARDA	Alep, Siria
16000	C	IARI	New Delhi, India
13000	C	IPIGR	Plovdiv, Bulgaria
10875	M,L	FAL	Braunschweig, Germania
10000	M,L	IPK	Gatersleben, Germania
8000	C	IAAR	Radzikow, Polonia
7201	M,L	PCRC	Adis Abeba, Etiopia
7000	C	CNTP	Passo Fundo, Brazilia
6774	M	PGI	Kyoto, Japonia
6000	C	INCDA	Fundulea, România
6000	M,L	PARC	Islamabad, Pakistan
5000	M,L	IGPB	Praga, Cehia
4506	M,L	INTA	Pergamino, Argentina
4200	M,L	PBI	Cambridge, Anglia
4000	C	NIAS	Tsukuba, Japonia
4000	M	SPA	Wukung, China
4000	M	ARARI	Menemen, Turcia
4000	M	CGN	Wageningen, Olanda
2500	S	DARS	Versaille, Franţa
2000	S*	UC	Riverside, California, SUA
1726	M	DARS	Roboul, Afganistan
1353	M,L	SVGB	Suceava, Romania
1221	S	NBPCR	New Delhi, India
1200	M	UNA	Lima, Peru

M- medie durată; L- lungă durată; C- câmp; S- scurtă durată.

b) Colecţiile mondiale de germoplasmă la porumb *(Zea mays)* conservate în băncile de gene de pe Mapamond

Colecţiile de maximă importanță conservate pe „termen lung" sunt păstrate în ţările dezvoltate (tabelul 1.3.).

Tabelul 1.3.

Fondul mondial de germoplasmă la porumb, conservat în Băncile de gene de pe Mapamond

Numărul de intrări	Tipul de conservare	Instituţia	Locaţia
15.084	M,L	VIR	Petrograd, Rusia
15.000	M*	IMR	Belgrad, Serbia
11.000	M,L	CIMMYT	El Batan, Mexic
10.000	M	INIA	Champingo, Mexic
7619	L*	NSSL	Fort Collins, Colorado SUA
7145	M	VNA	Lima, Peru
5000	C*	ICA	Medelin, Columbia
5000	M,L	SVGB	Suceava, Romania
3200	C	RICPT	Fundulea, România
3000	M,L	INTA	Pergamino, Argentina
3000	M	ISU	Amers, Iowa, SUA
2800	L	PGRO	Otawa, Canada
2654	M,L	NIAS	Tsukuba, Japonia
2220	M	CIFEP	Cachamaba, Bolivia
1678	M,L	IPB	Los Banos, Filipine
1571	C	IARI	New Delhi, India
1500	M	NARS	Kitale, Kenia
1368	M	CRIFC	Sukamandi, Indonezia
1306	M	MRI	Trnava, Cehia
1040	M,L	INIA	Madrid, Spania
1000	C	CNU	Daejeon, Coreea de Sud
1000	M	MI	Baraga, Portugalia

M- medie durată; L- lungă durată; C- câmp.

Astfel NSSL din Fort Collins, Colorado, conservă pe „termen lung" colecţiile „de bază" din Lumea Nouă; în timp ce Institutul Vavilov din Petrograd este specializat pentru conservarea colecțiilor europene,

Institutul pentru Cercetarea Porumbului de la Braga, Portugalia, conservă colecțiile de porumb din Peninsula Iberică, iar Institutul Naţional de Cercetări Agricole din Tsukuba, Japonia, conservă germoplasmă de porumb asiatică.

În anul 1989, când a fost publicat inventarul volumului de germoplasmă conservat în băncile de gene, colecţiile cele mai numeroase se găseau în fosta URSS şi fosta Iugoslavie, „în condiții climatizate" la temperatura de -10^{0}C. În aceste două bănci de gene se găsesc conservate 30.000 de probe. Tot în SUA, la Universitatea din Illinois sunt conservate mutantele de porumb, care sunt disponibile comunității științifice internaționale. În cadrul CYMMIT, începând cu anul 1985 se conservă, în condiţii controlate de mediu, un volum important de germoplasmă tropicală, iar în Argentina şi Filipine, sunt conservate 3000 şi respectiv 1678 de probe, pe „termen lung". În Thailanda, la Bangkok, a fost construită o Bancă de gene cu factori de mediu controlaţi, în care se va conserva germoplasma de porumb din continentul asiatic.

Pentru conservarea pe „termen mediu" responsabilitatea este încredințată CYMMIT-ului şi INIA, situate la El Batan, respectiv la Champingo, care au în responsabilitate conservarea a aproximativ 50% din germoplasma din Caraibe şi America Latină, reprezentată de populații locale şi forme sălbatice (teosinte anual - *Zea mexicana)* şi porumbul peren (*Zea diploperennis*) descoperit recent.

În anul 1986 aproape toate varietăţile locale din America Latină şi din zona mediteraneeană, au fost colectate şi supuse conservării în condiții controlate de mediu.

În prezent numărul Băncilor de gene a crescut corespunzător cu volumul de germoplasmă colectat, care trebuie conservat în condiții controlate de mediu. Astfel, în Europa (Slovenia, Croația și Serbia) au

fost puse în funcțiune Bănci de gene dotate cu aparatură de specialitate pentru a asigura semințelor condiții fizice și biologice, necesare menținerii viabilității lor la parametrii stabiliți.

Este important de evidențiat, că în România a fost construită și funcționează Banca de Gene Suceava, unitate de interes național, dotată cu aparatură performantă pentru producerea frigului la parametrii de temperatură și de umiditate stabiliți astfel ca viabilitatea și integritatea genetică a semințelor să nu sufere modificări.

c) Colecțiile mondiale de resurse genetice la plantele tuberculifere și rădăcinoase

Cu excepția cartofului, culturile rădăcinoase şi tuberculifere nu au fost colectate și studiate în măsura în care au fost prezentate cerealele şi leguminoasele alimentare. Motivația acestei situații ar consta în dificultățile de ordin tehnic în ce privește conservarea acestor culturi.

Ținând cont de importanța cartofului în alimentația umană, fiind considerat sugestiv „a doua pâine”, motiv pentru care, cartoful alături de grâu, orez și porumb, constituie baza alimentației omenirii. Această constatare este în contradicție cu cerințele pentru o alimentație cât mai variată și mai bogată în elemente nutritive sănătoase. În prezent omenirea este dependentă de patru culturi menționate mai sus, denumite sugestiv „cei patru mari”. Dintr-o statistică efectuată, rezultă că din producția totală realizată la 30 de culturi alimentare importante, pe primele patru locuri se situează culturile menționate, care asigură 54,33% din producția mondială, în timp ce celelalte 26 de culturi împreună realizează numai 45,67%.

Totalul colecțiilor de cartof numără 42.000 de intrări, cartoful fiind cultura cea mai intens colectată, reprezentată atât de surse cultivate

cât și de sălbatice. Au fost colectate aproape în întregime cultivarele locale și aproximativ 40% din speciile sălbatice.

Cultura cartofului se află în atenţia Centrului Internaţional al Cartofului (CIP) din Lima, Peru, care deţine o treime din totalul germoplasmei de cartof colectată la nivel mondial.

Cartoful a fost domesticit în Peru, țară care furnizează 82% din colecțiile ce se conservă la CIP. Dintre acestea se găsesc puțin răspândite speciile domestice cum sunt: *Solanum ajanhuiri* şi *Solanum stentamum.*

Ca o concluzie generală asupra germoplasmei diferitelor culturi, se poate afirma că eroziunea genetică a produs mai puţine pagube culturilor de rădăcinoase şi tuberculifere decât la culturile cerealiere.

CAPITOLUL 2
FONDUL DE GENE

2.1. Introducere

În lucrare s-a utilizat în mod frecvent termenul „fond de gene”, motiv pentru care vom explica importanța și utilitatea acestui termen.

Un obiectiv important al amelioratorilor de plante constă în promovarea, conservarea și utilizarea resurselor genetice vegetale alternative, constituite din rudele sălbatice ale plantelor cultivate, în programele de ameliorare a plantelor. Gestionarea eficientă în acest demers reprezintă cheia utilizării raționale a resurselor genetice vegetale.

Periodic au existat încercări de a aborda această problemă, fiind propuse sisteme pentru gruparea lor, având o bază genetică mai largă care să permită conservarea și utilizarea durabilă în procesul de ameliorare a plantelor. Ca urmare, s-a deschis calea elaborării unor ghiduri pentru clasificarea ori gruparea diversității genetice accesibile unor specii cultivate, care să îmbunătățească gestionarea și simplificarea lor.

Cele două concepte care s-au folosit pentru atingerea acestor două obiective s-au constituit în „fond de gene” și „colecție de lucru”.

Pentru conservarea spectrului total al variabilității, evitând duplicatele și cu informații disponibile și accesibile, este necesar să se dezvolte un cadru în care atât sistemele informale cât și cele formale, să se poată aprecia cu minim de confuzii. Pentru realizarea acestui lucru a apărut mai întâi conceptul de fond genetic, propus de Harlan și de Wet (1971) cu scopul de a cuprinde întreaga diversitate genetică aferentă unui taxon, inclusiv diversitatea din cadrul unei specii cultivate și eventual al speciei sălbatice afiliată genetic.

S-a considerat mai important să se promoveze utilizarea resurselor genetice accesibile în ameliorarea plantelor, prin metoda de reproducere convențională sau cu ajutorul dezvoltării cunoștințelor biotehnologice. Aceasta se bazează în primul rând pe relația de compatibilitate încrucișată, pentru a aduce resursele genetice accesibile, la limita de utilizare, după o abordare corespunzătoare a încrucișărilor.

2.2. Confuzii în abordarea clasificării plantelor

Metodele de taxonomie obișnuite nu au fost satisfăcătoare pentru clasificarea variabilității existente, în cadrul speciilor de plante cultivate și a rudelor sălbatice, din punctul de vedere al conservării și utilizării acestora. Au fost numeroase confuzii, în special datorită diferențelor de opinie dintre unii cercetători, care au dezvoltat aceste clasificări doar cu scop informal. De exemplu, la sorg Snowden (1935) a identificat numai 31 de specii, fără a ține cont de speciile sălbatice și de buruieni care sunt pe deplin compatibile genetic cu speciile domestice.

În schimb, Jakushevsky (1969) le-a redus la nouă iar De Wet și Huckabay (1967) la un singur gen, adăugându-se astfel confuzii în ceea ce privește conservarea și utilizarea acestor resurse genetice.

Există un număr mare de astfel de confuzii și la alți taxoni, inclusiv speciile de legume, ca de exemplu taxonul de la *Cucumis,* cu privire la taxonomia speciilor precum *C. callosus, C. trigonous și C. trichosanthes,* apărând în diferite publicații un număr variabil de specii. În plus, taxonii sălbatici diferă de omologii lor cultivați. Ei diferă nu numai prin caracterele lor morfologice, ci și prin modul de reproducere, ceea ce a determinat izolarea lor genetică și reproductivă. Prin urmare, aceste specii necesită un tratament taxonomic și descriptiv special.

Din păcate, de mult timp, nu există un ghid pentru gruparea consistentă a taxonilor. Harlan și de Wet (1971) au dezvoltat conceptul de "fond de gene" prin formarea unei structuri care să reprezinte diversitatea totală disponibilă într-un grup și să o caracterizeze prin atribuirea

taxonilor, fondurilor de gene primare, secundare şi terţiare. Soiurile sunt grupate, la nivel intraspecific, în rase și subrase într-un mod informal, fără reguli rigide (Cristea M., 1977).

Diferențele dintre taxonii sălbatici și domestici ai plantelor sunt bine cunoscute. Cu toate acestea, atât plantele sălbatice cât și cele cultivate au suferit schimbări datorită presiunii de selecție, care a fost generată de mai mulți factori. Rezultatul acestora se concretizează prin acumularea unei cantități enorme de variații genetice evidente între formele foarte apropiate din punct devedere genetic.

Pentru a oferi o perspectivă genetică și a ne concentra asupra plantelor cultivate în raport cu alte componente ale diversității genetice, au fost propuse trei categorii informale: fondul primar de gene, fondul secundar de gene și fondul terțiar de gene.

2.2.1. Fondul primar de gene

Printre componentele acestui fond genetic, încrucișarea între plantele populațiilor distincte este ușoară; hibrizii sunt în general fertili, cu o bună asociere cromozomală. Segregarea genelor este de obicei normală. Transferul de gene se face în general, ușor. Speciile biologice includ în general, aproape întotdeauna rase spontane (sălbatice și/sau buruieni), precum și rase cultivate. Speciile pot fi împărțite în două subspecii:

Subspecii A ce includ rase cultivate;

Subspecii B ce includ rase spontane.

În termeni taxonomici, fondul primar de gene este aproape identic cu speciile taxonomice în aplicarea conceptului biologic de specie.

2.2.2. Fondul secundar de gene

Printre componentele acestui fond se includ toate speciile biologice care se încrucișează cu speciile cultivate. Transferul de gene este posibil dar cu condiția ca una dintre ele să lupte cu barierele, care pot

fi mai mult sau mai puțin prezente. Ele pot determina ca unii hibrizi să fie mediocri, afectând ciclul gametic, modelul de recombinare fiind dificil de realizat până la maturitate, cu recuperarea tipurilor dorite, în generațiile următoare.

Acest fond de gene poate fi valorificat în lucrările de ameliorare. Pentru aceasta, amelioratorul de plante sau geneticianul trebuie să depună eforturi suplimentare ca să depășească incompatibilitatea de încrucișare și barierele de recombinare, cu ajutorul manipulărilor citogenetice posibile pentru a stabili un hibrid fertil și un transfer de gene reușit.

În termeni taxonomici, fondul secundar de gene, în majoritatea cazurilor, corespunde cu următoarea diviziune a genurilor, cum ar fi secțiunile. Aceasta depinde de stadiul evolutiv al mecanismului de izolare în funcție de divergențele morfologice, care nu pot merge mână în mână.

2.2.3. Fondul terțiar de gene

La acest nivel, pot fi făcute încrucișări între speciile sălbatice și speciile cultivate, dar hibrizii sunt susceptibili de a fi letali sau complet sterili. Transferul de gene, fie nu este posibil prin tehnici cunoscute sau sunt necesare tehnici radicale, ca de exemplu culturile de embrioni sau grefarea pentru a obține hibrizi, prin dublarea numărului de cromozomi sau utilizarea „punților genetice" pentru a obține o anumită fertilitate sau alte abordări biotehnologice.

Fondul terțiar de gene definește limitele extreme ale potențialului de acoperire genetică. Deoarece puțini cercetători au lucrat cu acest fond de gene, este destul de modest definit. Totuși din orice încrucișare care poate fi făcută, există o șansă că va fi descoperită o tehnică care să facă posibilă utilizarea ei. Poate că cel mai puternic instrument în prezent cunoscut pentru introducerea genelor din fondul terțiar de gene în plantele cultivate, este utilizarea hibrizilor complexi care pot funcționa ca „punți genetice" sau aplicarea unor tehnici biotehnologice, inclusiv tehnologia ADN recombinant.

Taxonomic, fondul terțiar de gene poate corespunde în mare măsură genului, dar taxonomic este bine izolat de cei mai apropiați aliați. Se poate extinde, de asemenea, dincolo de limitele generice.

Fondul secundar de gene ar putea schița grupuri care ar fi acceptabile pentru anumiți taxonomi ca limite genetice, însă fondul terțiar de gene, descrie limita exterioară a fondului potențial de gene dintr-o specie cultivată. Nu este o unitate taxonomică. Acestea sunt pur și simplu ghiduri pentru plasarea clasificărilor existente în perspectiva genetică.

Diferențierea poliploidiei trebuie, corect înțeleasă și luată în considerare. S-ar putea să nu existe nici o soluție care să se aplice tuturor culturilor, însă, ca o orientare generală, s-a propus să fie recunoscute nivelurile genetice separate pentru diferite niveluri de ploidie. Barierele genetice generate de poliploidie nu sunt întotdeauna puternice, iar transferul de gene, între nivelurile de ploidie poate fi destul de mare. Barierele există; totuși, este util să se indice prezența lor prin furnizarea de epitete separate.

În concluzie taxonomia formală a eșuat cel mai vizibil la nivel intraspecific. Tendința exagerată de supraclasificare este vizibilă, iar categoriile formale sunt oferite grupurilor de cultivare care au integritate genetică redusă sau deloc.

Categoriile suplimentare intraspecifice, de exemplu, ar oferi un minimum de 2000 de clase care ar putea duce la o mai mare confuzie, decât clasificarea termenului „soi”. Trebuie căutat un termen botanic, deoarece acesta este ușor de confundat cu varietăți agronomice sau horticole (cultivare).

Prin urmare, clasificarea plantelor în grupe distincte, reprezintă cheia unor abordări științifice a materialului genetic.

Fondurile de gene orientează amelioratorii și geneticienii în alegerea materialului de lucru, în cele mai raționale poziții în activitatea de ameliorare, ținând cont de compatibilitatea la încrucișări, precum și de

alte cerințe importante.

Pentru a cunoaște principiile care au stat la baza conceptului de „fond de gene”, vom folosi în acest sens ca exemplu, fondurile de gene la ovăz (Danela Murariu și Domnica Daniela Plăcintă, 2017).

În lipsa unor clasificări raționale, bazate pe informații științifice, reușita lucrărilor de ameliorare este greu de atins, dar nu imposibil.

2.3. Fondurile de gene ale speciilor genului *Avena*

Leggett și Thomas (1995) au împărțit speciile de *Avena* în trei fonduri de gene – primar, secundar și terțiar. Criteriul care a stat la baza acestei clasificări a fost ușurința cu care se realizează transferul (introgresiunea) genelor de la speciile sălbatice la ovăzul hexaploid cultivat, respectându-se în acest sens conceptul de fond genetic pentru speciile cultivate, propus de Harlan și Wet (1971). În acest sistem, fondul primar de gene este alcătuit din specii hexaploide, fondul secundar din speciile tetraploide (*A. magna, A. murphyi* și *A. insularis*) iar fondul terțiar este format din speciile diploide și cele tetraploide, rămase. În cazul genului *Avena,* transferul genelor se realizează în cadrul fondului primar de gene.

În literatura noastră de specialitate în lucrarea „Ovăzul”, elaborată de dr. ing. Danela Murariu și dr. ing. Domnica Daniela Plăcintă, cercetători la BRGV Suceava, o detaliere reușită, cu date și informații importante despre fondurile de gene la ovăz, au fost folosite de autorii acestei lucrări.

2.3.1. Fondul primar de gene

Speciile hexaploide inclusiv speciile sălbatice *A. sterilis* și *A. fatua*, datorită interfertilității ridicate în încrucișări, au fost grupate într-o singură specie biologică (Ladizinsky și Zohary; 1971). Speciile hexaploide sălbatice, constituie fondul primar de gene, utilizat pentru transferul genelor alese la ovăzul cultivat. Datorită interfertilității

ridicate, introgresiunea genelor de la ovăzul sălbatic hexaploid la cel cultivat, poate fi realizată cu destulă ușurință, folosind încrucișările convenționale și prin backrossuri. Cu toate acestea, frecvențe mai mari de anomalii meiotice, ca de exemplu cromozomi univalenți și micronuclei, s-au identificat la hibrizii speciilor sălbatice x cultivate, (*A. fatua x A. sativa)* decât în cazul hibrizilor intraspecifici (Luby și colab.,1985). Aceste diferențe mari arată faptul că, în ciuda interfertilității ridicate, capacitatea de recombinare este redusă, fiind asociată cu disfuncții apărute în meioză, datorită heteromorfologiei cromozomale dintre cromozomii speciilor sălbatice și cultivate. Disfuncțiile ar putea împiedica ruperea legăturilor între genele utile și cele dăunătoare în timpul introgresiunii unui caracter de la forma sălbatică la ovăzul cultivat.

Specia *A. sterilis*, strămoșul sălbatic al ovăzului cultivat, a fost identificată ca o sursă bogată în gene, îndeosebi pentru rezistența la boli a ovăzului. În SUA și Canada, unde se cultivă ovăzul de primăvară și cel de toamnă, periodic apare *Puccinia coronata f.sp. avenae* diminuând producția de ovăz, motiv pentru care, s-au impus programe de ameliorare speciale, dedicate acestui obiectiv. Peste 30 de gene de rezistență de la *A. sterilis* au fost descoperite și backcrossate în liniile sensibile de ovăz, deficitare în gene de rezistență pentru această boală.

Între timp s-au dezvoltat diferite scheme de hibridare pentru eficientizarea utilizării genelor Pc38 și Pc39 care au stat la baza creării soiului „Dumont"(McKenzie și colab.,1984) soi rezistent la rugina coronariană.

Pe lângă genele Pc38 și Pc39 au fost descoperite și alte gene de rezistență la rugina coroniană care asigură numai rezistență parțială la rugina coroniană precum și optimizarea caracterului „productivității"

Extinzând cercetările, au fost identificate alte două gene Pg13 și Pg15, rezistente la rugina neagră (*P. graminisf.sp. avenae*), care au fost transferate într-un set de linii diferite, pentru a atenua virulența ruginei

negre (Fetchand Jin 2007). Pc13 combinată cu Pg2 și Pg9, au fost folosite la ameliorarea soiului „Dumont” (McKenzie și colab., 1984) și ulterior utilizate și de Grupul Winnipeg la crearea soiului „Steele” (McMullen și Patterson 1992). Răspândirea rapidă a altor rase virulente de rugină neagră în aceste teritorii, a dus la alte cercetări pentru găsirea de noi surse de gene (McCallum și colab.,2000). Screeningul a peste 7000 de probe de *A. sterilis* nu a reușit să identifice surse cu rezistență puternică la rasele de rugină din aceste regiuni, dar s-au identificat surse de rezistență, la speciile de *Avena* cu un nivel de ploidie scăzut (Gold Steinberg și colab., 2005).

În Anglia și în vestul Europei sursa de rezistență la făinare (*Blumeria graminis*. *f. sp. Avenae* Em. Marchall), a fost descrisă ca, cel mai periculos agent patogen din regiunile reci și umede din vestul Europei. Rezistența la făinare a fost transferată de la *A. sterilis var. ludoviciana* la soiul „Mostyn” din Anglia. O formă cu o rezistență parțială la făinare a fost identificată la *A. sterilis*, linia Pc54 care a fost obținută cu participarea unei gene de rezistență la rugina coronoriană Pc54, prin backrosuri diferențiate, s-a realizat linia CAV1832, care a fost unul din părinții soiului „Pendak” (Sebesta și colab., 1993), constituind principala sursă de rezistență la făinare, din Anglia și Europa.

Odată cu rezistența la făinare de la *A. sterilis*, a fost testată și rezistența la nematodul cerealelor *Heterodera avenae* Woll. (Cook 1974). Analizele indică prezența genelor dominante de rezistență în soiul de ovăz „Panema”.

Pentru ameliorarea ovăzului cultivat, ovăzul sălbatic hexaploid a fost folosit într-o măsură mai redusă ca sursă de germoplasmă în comparație cu *A. sterilis*. Transferul caracterelor cantitative corespunde cu conceptul dezvoltat de Simmonds (1993) de "încorporare" a germoplasmei exotice versus „introgresiune simplă”, a unui caracter. Un alt aspect apărut la încorporarea caracterelor cantitative de la germoplasma sălbatică este aceea că genele care controlează anumite

caractere dorite, deseori sunt asociate cu gene dăunătoare care pot determina obținerea unor linii cu caractere nefavorabile, având ca motivație concurența între procesele fiziologice, pe un fond limitat de metaboliți de azot și de carbon. Prezența genelor pentru productivitate ridicată la specia *A. sterilis* a fost raportată de Frey și Browning (1971), având ca bază productivitatea ridicată a unor linii extrase din încrucișările realizate între linii de *A. sterilis* care au gene de rezistență la rugina coronariană.

Au fost create multe soiuri cu trăsături îmbunătățite care conțin cantități mari de germoplasmă de *A. sterilis*, inclusiv soiurile "Sheldon" (Frey 1992) și „Ozark" (Bacon 1991). Aceste soiuri au un potențial de producție ridicat, iar soiul Ozark este rezistent la îngheț, caracter moștenit de la liniile de *A. sterilis*. În mod similar, deși nu au fost gene specifice pentru toleranță la BYDV (moștenită ca o trăsătură poligenică) au fost identificate probe rezistente sau tolerante la BYDV în aproximativ 1718 probe de *A. sterilis* testate de Comeau (1982), precizând că cele mai recente soiuri din SUA și Canada au în constituția lor genetică, gene de rezistență la BYDV transferate de la *A. sterilis.*

S-a observat o productivitate ridicată în primele generații de backross, la liniile care conțineau citoplasmă de *A. sterilis*, acestea fiind comparate cu linii derivate din încrucișări reciproce unde au fost implicați aceiași părinți; *A. sterilis x A. sativa,* dar cu citoplasmă de la *A. sativa* (Robertson și Frey 1984). Această observație a condus la propunerea de utilizare a citoplasmei de *A. sterilis* pentru ameliorarea ovăzului cultivat.

Cu toate acestea, eșecul de a găsi dovezi ale unui efect consistent heterotic nucleo-citoplasmatic, în numeroasele încrucișări dintre *A. sterilis x A. Sativa* (Beavis și Frey 1987) și în generațiile ulterioare de backross între aceste două specii (Rines și Halstead 1988) este datorat efectului pozitiv al citoplasmei de la *A. sterilis,* dependent de combinația folosită și de genele nucleare reținute în fiecare linie de *A. sterilis*

(Loskutov, 2011)

Ovăzul sălbatic comun hexaploid, *A. fatua* L., a fost folosit într-o măsură mult mai mică decât *A. sterilis*, ca sursă de germoplasmă pentru ameliorarea ovăzului cultivat. Această utilizare redusă este probabil, din cauza lipsei sale de gene majore identificate pentru rezistență la boli și lipsa generală a diversității de trăsături așa cum s-a găsit la *A. sterilis*. Germoplasma de *A. fatua* a fost o componentă majoră a soiurilor "Rapid" (Suneson 1967a), "Sierra" (Suneson 1967b), "Montezuma" (Suneson 1969), și "Mesa" (Thompson 1967). Utilizarea resurselor genetice locale de *A. fatua,* din regiunile aride din sud-vestul SUA*,* în calitate de părinți, a furnizat soiurilor Rapid și Montezuma, adaptarea dorită la secetă, inclusiv precocitate extremă. Stevens și Brinkman (1986) au avut mai puțin succes atunci când au utilizat probe de *A. fatua* pentru îmbunătățirea productivității soiurilor din SUA . O selecție a liniilor rezultate din backrossuri, în funcție de nivelul producției, a dus la eliminarea formelor parentale, datorită rezistenței scăzute a acestora la rugina neagră și rugina coronariană, condiție esențială în crearea unui soi.

Mai multe tipuri de gene au fost identificate în plantele de *A. fatua* cu talie mai mică, colectate din Japonia și din zonele înconjurătoare din Asia de Est, când aceste plante au fost încrucișate cu soiul Kanota (Morikawa, 1989; Morikawa și colab.,2007). Cu toate acestea, atunci când una dintre aceste gene a fost utilizată în continuare în mai multe încrucișări, efectuate de Milach și colab. (1998), a rezultat un fenotip pitic, constatându-se că ar fi prea extrem pentru a fi utilizat în mod direct în crearea unui soi. Eforturi suplimentare pentru a identifica gene modificatoare corespunzătoare, sau utilizarea altor gene pentru piticire s-ar putea dovedi utile în reducerea înălțimii plantelor la ovăzul cultivat. Una sau mai multe gene pentru latență, în probele de *A. fatua,* au fost utilizate de Burrows (1986) în crearea unor linii experimentale (linii dorminde) la ovăzul cultivat, pentru a fi semănat în toamnă, rămânând în stare dormindă peste iarnă și germinează primăvara devreme pentru a

profita de un sezon mai lung de creștere în regiunile nordice unde ovăzul cultivat nu este adaptat gerurilor din timpul iernii. O sincronizare adecvată a germinației, combinată cu un fenotip bun de ovăz cultivat, s-a dovedit a fi dificil de atins pentru realizarea unui soi.

2.3.2. Fondul secundar de gene

Fondul secundar de gene este alcătuit din specii tetraploide cu genom AACC (*A. magna* (maroccana) și *A. murphy)*, pe baza hibridărilor efectuate cu *A. sativa,* în F1 plantele sunt auto-sterile. Datorită fertilității feminine, se poate realiza încrucișarea lor cu formele hexaploide, producând puține semințe, dar asocierea între cromozomii speciilor tetraploide și hexaploide asigură recombinarea lor.

Introgresia cu succes a rezistenței la rugina coronariană de la *A. magna* în germoplasma hexaploidă de ovăz cultivat, a fost realizată de Rothman (1984), prin folosirea unui hexaploid sintetic care a fost obținut prin colchicinizarea unui hibrid F1 obținut din încrucișarea speciilor diploide, *A. longiglumis* și *A. magna*.

2.3.3. Fondul terțiar de gene

Fondul terțiar de gene cuprinde toate speciile diploide și patru specii tetraploide: *A. barbata, A. vaviloviana, A. abysinnica,* și *A. macrostachya*. Acest grup de specii nu formează ușor hibrizi cu *A. sativa*. Pentru rezolvarea acestei situații s-a apelat la metoda „salvarea de embrioni”, prin care se ameliorează calitatea semințelor, atunci când sunt încrucișate specii diploide x hexaploide., obținându-se plante F1, realizându-se introgresia atât a genei responsabile de rezistența la făinare de la *A. pilosa* la soiul „Campion” cât și a genei Pc94 responsabilă de rezistența la rugina coronariană, la soiul "Leggett" (Chong și colab., 2004).

Au fost folosite "punți genetice” pentru a transfera gene, de rezistență la rugină, de la speciile diploide la specia hexaploidă *A. sativa*. Aceste „punți” implică încorporarea rezistenței într-un tetraploid sau

hexploid sintetic care va produce plante viabile în F1. Prin dublarea numărului de cromozomi a unei specii diploide și transformarea ei într-un autotetraploid, se poate realiza introgresia genei de rezistență la rugină, de la specia diploidă la specia tetraploidă, sau se poate realiza prin încrucișarea unei specii diploide cu una tetraploidă, urmată de dublarea numărului de cromozomi folosind colchicinizarea, ceea ce duce în ambele situații la construirea unui hexaploid sintetic. Hibrizii sintetici (2x x 4x) au în constituția lor genetică atât tetraploizi AABB - *A. abyssinica*, cât și tetraploizi AACC. Hibridul sintetic „Amagalon" (2x x 4x) rezultat din încrucișarea speciilor *A. magna* x *A. longiglumis* a permis, de asemenea, introgresia genei Pc91, care controlează rezistența la rugina coronariană, la soiul hexaploid *HiFi*.

O altă dificultate frecvent întâlnită în transferul unei gene de la o specie dipoidă la ovăzul comun cultivat, constă în introgresia acelei gene într-o linie ameliorată stabilă care va sigura transferul genei adăugate.

Gena Pc23, a fost bine stabilizată, în schimb gena PC15, a fost moștenită într-un mod instabil.

Au fost întâlnite dificultăți în transferul anumitor gene de la speciile tetraploide ce aparțin fondului secundar de gene, probabil datorită heteromorfologiei cromozomiale, între specia donor și recipientul *A. sativa*.

Un alt exemplu privind lipsa de exprimare a rezistenței la rugina neagră a fost întâlnită la hibridările dintre *Avena sativa și Avena strigosa.*

Prin utilizarea unor metode de ameliorare specifice, rezultatele obținute, confirmă posibilitatea tranferului efectiv de caractere importante agronomice în ovăzul cultivat, prin folosirea hibridării interspecifice, atât pentru însușirile ereditare, cât și pentru extinderea bazei genetice a întregului gen.

Cu privire la potențialul tehnicilor moleculare, ele pot introduce în lucrările de ameliorare, populațiile locale cultivate, soiuri vechi, datorită diversității lor morfologice care au dispărut în soiurile moderne actuale.

2.4. Clasificarea în „poli genici”

În funcție de criteriile alese, de interesul clasificării și de elementele luate în studiu, clasificarea plantelor, poate fi divizată după cum urmează:

Clasificarea morfologică (botanică)

Clasificarea naturală (biologică)

Clasificarea în „poli genici” prezentată de Hoyt (1992)

Pentru amelioratorii de plante, clasificarea naturală este de un mare ajutor, beneficiind de informații utile despre compatibilitățile biologice între diferite forme de plante. În cadrul diversității dintre cultivare se pot stabili relații filogenetice de apropiere sau de înrudire.

Cu privire la polul genetic a unei plante cultivate, el cuprinde toate cultivarele și speciile înrudite, conținând toate genele disponibile pentru selecție.

Fiecare pol genic (PG) la plantele cultivate poate fi divizat în trei niveluri. PG-1, PG-2 și PG3. Acestea nu sunt unități sau categorii taxonomice ci repere importante pentru a ne situa într-o perspectivă genetică a clasificării existente (Hoyt, 1992).

Pentru a lucra cu material genetic, amelioratorii de plante trebuie să lămurească, relațiile complexe dintre specii, subspecii, varietăți și ecotipul unui pol genetic considerat și al grupei, după gradul lor de relație. Acest sistem are în vedere criteriul de clasificare referitor la „înrudirea filogenetică” dintre diferite forme de plante.

Structura polului genetic a unei plante cultivate, permite amelioratorului să identifice speciile sălbatice înrudite și cultivarele disponibile pentru încrucișări și de a estima dificultatea în acest sens. Ea indică de asemenea care plante sălbatice înrudite existente la un pol genic pot fi considerate profitabile.

Plantele sălbatice înrudite pot aparține la trei categorii (fig. 2.1.). Spre exemplu la porumb putem deosebi următoarele categorii: PG-1

cuprinde specia cultivată *Zea mays* și speciile sălbatice *Zea mexicana și Zea diploperenis,* în timp ce PG-2 cuprinde speciile sălbatice *Zea perenis și Tripsacumspp.,* PG-3 cuprinde speciile sălbatice foarte îndepărtate (Hoyt, 1992).

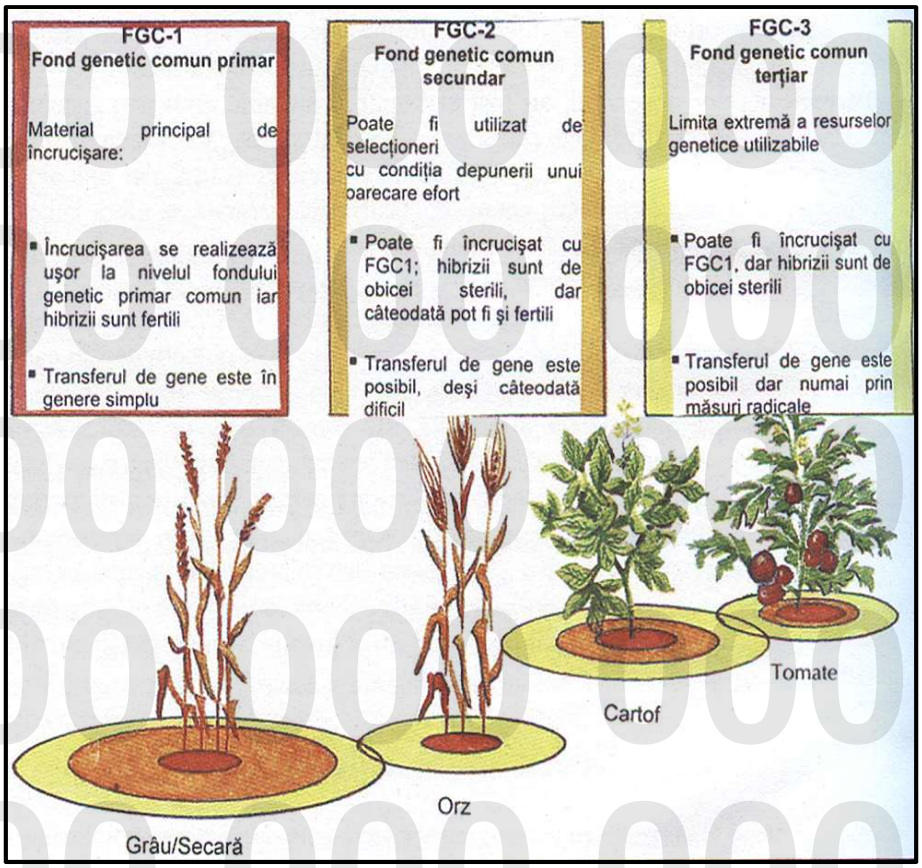


Fig. 2.1. Clasificarea plantelor în cei trei poli genici (Hoyt, 1992)

CAPITOLUL 3

EROZIUNEA GENETICĂ A PLANTELOR

3.1. Ce este și ce reprezintă eroziunea genetică?

Eroziunea genetică constă în pierderea sau distrugerea diversității genetice; ea poate fi considerată orice pierdere de material genetic.

Eroziunea genetică este un concept nou folositor pentru cei ce lucrează în domeniul conservării resurselor genetice vegetale, pentru curatori, pentru practicienii care se ocupă de restaurarea vegetației, etc. Cu toate acestea, există variații în modelul în care termenul a fost utilizat și cât de fidel rezultă din conceptele genetice pe care se bazează.

Eroziunea genetică se produce din mai multe motive, dar paradoxal cel care produce cele mai mari pierderi de resurse genetice este omul, care în goana după câștiguri, din multă necesitate, distruge suprafețe întinse de vegetație și odată cu acestea, distruge o mare parte din viețuitoarele mici și mari care ocupă aceste suprafețe.

Prima utilizare a termenului de eroziune genetică, a fost folosită în momentul când s-a făcut referire la pierderea raselor primitive și a soiurilor de plante cultivate, prin procesul de înlocuire a formelor primitive și a celor vechi cu soiuri și hibrizi moderni, foarte productivi.

Desigur, înlocuirea materialului mai puțin productiv cu forme ameliorate, productive, poate fi considerat un proces obiectiv și necesar, dar modul cum s-a produs înlocuirea, nu trebuie practicat, întrucât se putea produce înlocuirea, dar cu păstrarea materialului înlocuit, care reprezintă genotipuri tradiționale, cu valoare genetică deosebită.

Reducerea numărului de specii în alimentație constituie o altă cauză a eroziunii genetice. În trecutul îndepărtat, omul a folosit pentru hrană mii de specii de plante și câteva sute de specii de animale. Dintre acestea, omul și-a ales pentru domesticire un număr redus de plante,

concentrându-și atenția asupra celor mai productive și mai ușor de cultivat sau asupra celor care prezentau unele însușiri valoroase de calitate, rezistență la boli și dăunători și la condițiile pedoclimatice adverse, etc. Tendința de reducere a numărului de specii de plante folosite în alimentație a progresat în așa măsură încât în prezent omenirea utilizează pentru alimentație patru culturi: grâu, orez, porumb și cartof. Cu o minimă exagerare, s-ar putea spune că omul a devenit dependent de producția acestor culturi, eșecul unora dintre ele ar putea duce la înfometarea și așa prezentă la milioane de oameni.

Pentru a nu se ajunge aici, ci din contra pentru a găsi soluții pentru sporirea producției, se impune ca diversitatea genetică a plantelor să fie conservată și utilizată în activitatea de ameliorare.

3.2. Declinul diversității genetice a plantelor cultivate

În cel de-al doilea deceniu a secolului trecut, îndeosebi în zonele unde a avut loc domesticirea sau diversificarea genetică a plantelor, s-a constatat diminuarea interesului cercetătorilor pentru ameliorarea plantelor. Totodată s-a observat că promovarea cultivarelor și a unor metode de lucru ale solului, a condus la practicarea monoculturii care a favorizat îngustarea bazei genetice, pe numeroase suprafețe cultivate. Rezultatele au fost spectaculoase. Agricultorii tradiționali care au fost și primii „selecționeri” erau interesați mai degrabă de realizarea unor recolte stabile decât de creșterea producțiilor la hectar. Istoria agriculturii a fost marcată de o strategie prudentă, în parcele relativ restrânse, fără mecanizare și chimizare. Rezultatul s-a concretizat prin obținerea unor randamente constante în timp, dar scăzute. Contrar unor orientări, agricultura modernă are ca obiectiv, crearea unor cultivare, cu randamente superioare, pretabile lucrărilor mecanizate, care să răspundă aplicării îngrășămintelor chimice și să aibă o bună rezistență la atacul

bolilor și dăunătorilor și la adversitățile mediului. Ca urmare, o parte a exploatațiilor moderne, cultivă un număr redus de cultivare, pe suprafețe mari. Astfel în SUA, în anul 1969, mai puțin de 5 cultivare de fasole (*Phaseolusvulgaris)*, de bumbac (*Gosypiumhirsutum*), de orez (*Oryzasativa)*, de cartof *(Solanumtuberosum)* și de mazăre (*Pisum sativum),* reprezentau mai mult de jumătate din suprafețele cultivate la fiecare specie (Wilkes, 1983).

Tendința de creștere a recoltelor pe baza măririi suprafețelor cultivate a fost înlocuită cu creșterea producțiilor pe unitatea de suprafață. Au fost create cultivare intensive a căror randamente ridicate au dus la înlocuirea numeroaselor cultivare locale, cu un număr restrâns de soiuri moderne. În acest fel baza genetică s-a restrâns, pe suprafețe foarte mari, cultivându-se același genotip. Eroziunea genetică a principalelor specii cultivate, în arealul lor de cultură tradițional, a avut următoarele cauze: înlocuirea cultivarelor locale (populații și soiuri vechi, tradiționale) cu soiuri și hibrizi foarte productivi; utilizarea monoculturii, colonizarea de către om a unor nișe ecologice ce aparțin speciilor sălbatice, rude ale plantelor cultivate; defrișarea unor habitate; dispariția culturilor tribale, cu prețiosul lor patrimoniu genetic. Astfel în Mexic și Guatemala, dezvoltarea urbană a dus la dispariția unor populații de teosinte (*Zea mexicana)*; cel mai apropiat presupus părinte al porumbului (Wilkes, 1985). În Egipt mai multe varietăți tradiționale de plante cultivate au fost distruse prin construirea hidrocentralelor de la Asuan (IBPGR, 1985). Pășunatul excesiv amenință numeroase specii sălbatice din nordul Africii și din estul Asiei. Însăși gramineele și leguminoasele perene, indispensabile pășunatului extensiv, riscă să dispară. În cele mai multe zone aride, resturile lemnoase folosite pentru fierberea alimentelor, amenință numeroase specii vivace să destabilizeze solurile, distrugând astfel un element de bază al vieții rurale.

Amploarea eroziunii genetice în secolul XX a fost fără precedent. La începutul secolului numeroși agronomi și botaniști, au semnalat

pentru prima dată pericolul dispariției varietăților tradiționale. Astfel în Africa de sud, botanistul J. Burtt- Dawy atrăgea atenția încă din 1919 că o varietate locală de ovăz, până atunci foarte răspândită, a început să dispară, datorită concurenței cu soiurile de ovăz algeriene. În anul 1923 Hary V. Harlan sesiza că soiurile americane de cereale înlocuiesc soiurile locale din Algeria și Tunisia. Chiar și în zone izolate din Sahara formele de plante indigene au dispărut, datorită noilor varietăți moderne, grație mijloacelor de comunicare mai rapidă.

Eroziunea genetică a fost resimțită după anul 1940 (Harlan, 1975). După cel de-al doilea război mondial, varietățile locale de grâu din Grecia, Italia și Cipru, precum și cele de sorg (*Sorghum bicolor)* din Africa de Sud au fost înlocuite cu forme moderne (IBPGR, 1976). În Regatul Unit, numeroase cultivare locale de varză de Bruxelles (*Brassicaoleracea var. gemnifera)* au fost înlocuite cu hibrizi mai productivi, fiind introduși pe piața semințelor încă din anul 1960 (Iunes, 1960).

3.3. Poate fi utilă reducerea diversității genetice?

Deși reducerea diversității genetice este considerată, în general, dăunătoare, pot exista excepții - cum ar fi reducerea încărcăturii genetice. Pentru speciile autogame, alelele dăunătoare sunt destul de repede identificate și înlăturate din populație, deoarece se exteriorizează rapid chiar și atunci când sunt recesive, iar indivizii care le transportă, de regulă, nu au o influență foarte mare, uneori doar o singură generație. Pentru o mare parte din speciile alogame, în mare măsură, procesul durează mai mult, deoarece alelele recesive sunt mai predispuse să fie asociate cu cele dominante, favorabile și este necesar mai mult timp pentru eliminarea lor prin selecție. Eficacitatea înlăturării alelelor dăunătoare este în funcție de mărimea populației, nivelul de dominare al mutației (dominantă sau recesivă) și de metoda de înlăturare folosită (drift genetic sau selecție sau interacțiunea lor).

Alt exemplu evident decât cel al beneficiului de a pierde alele dăunătoare, un alt context în care pierderea diversității genetice nu poate fi neapărat dezavantajoasă este cea a pierderii speciilor exotice de plante invazive. Când sunt specii de plante exotice introduse într-un mediu nou, se experimentează adesea ceea ce se numește fenomenul de "gâtuire genetică", deoarece plantele introduse reprezintă doar un eșantion din întreaga gamă de diversitate genetică a speciei. Deși în teorie, pierderea diversității genetice reprezintă reducerea nivelului potențial de invazie al plantelor exotice, acest lucru rămâne în mare parte neconfirmat de dovezi experimentale concludente.

3.4. Estimarea pierderilor de material genetic

Eforturile de cuantificare a eroziunii genetice variază în funcție de măsurarea diversității genetice. Implicit în conceptul de eroziune genetică este faptul că există o linie de referință de unde poate fi măsurată eroziunea genetică (Brown 2008). La nivelul unei populații genetice, diversitatea este cuantificată prin numărul și frecvența alelelor iar eroziunea înseamnă o reducere a numărului și a frecvenței alelelor. Pentru monitorizarea diversității genetice s-au utilizat markerii genetici fenotipici și moleculari. La nivelul speciei, eroziunea genetică reprezintă o reducere a numărului și mărimii populațiilor sau chiar pierderea totală a acestora. La nivel de habitat sau ecosistem, eroziunea genetică poate însemna o simplificare a nivelurilor trofice în sistem, reducerea numărului de specii reprezentative, reducerea densității a uneia sau a mai multor specii reprezentative. La nivel de producție națională agricolă, eroziunea genetică poate fi cuantificată prin reducerea numărului de produse de bază obținute și înlocuirea varietăților vechi care sunt heterogene cu cultivare noi, mai uniforme, adesea importate (de exemplu, înlocuirea populațiilor locale cu soiurile moderne). Există o perspectivă de conservare a resurselor genetice vegetale, de asemenea și a eroziunii genetice. Un obiectiv cheie de conservare este de identificare,

colectare și conservare a diversității genetice fie în condiții *ex situ* (bănci de gene, grădini, botanice, colecții de câmp) sau în condiții *in situ* (rezerve genetice în ariile naturale, ecosistemele și fermele aflate în exploatație). Toate metodele de conservare sunt supuse riscurilor de eroziune genetică care sunt inerente în astfel de practici, fiind necesară asigurarea unor condiții optime de regenerare și depozitare.

În general, eroziunea genetică reprezintă în principal pierderea diversității genetice în interiorul speciei. Poate însemna, pierderea unor populații întregi diferențiate genetic de alte populații, pierderea sau modificarea frecvenței alelelor specifice în cadrul populațiilor, sau asupra speciilor în ansamblul lor sau a pierderii combinațiilor de alele. Pierderea finală a diversității genetice reprezintă dispariția unei specii la scară națională sau globală, această pierdere a diversității biologice a fost măsurată în mod tradițional prin frecvența extincției speciilor.

Estimarea pierderilor de material genetic vegetal constituie o activitate de mare dificultate, cu toate acestea există unele evidențe în acest sens. Astfel James (1961) a constatat că în SUA, 70% din cultivarele de soia, 98% din cele de trifoi, 66% din soiurile de ovăz au fost pierdute. În fosta URSS, numeroase forme de plante de cultură vechi, identificate de Vavilov, în expedițiile sale, nu se mai găsesc în prezent, deși în Rusia, mai mult ca în alte state ale lumii, au fost întreprinse măsuri de colectare și conservare a diversității genetice, nu numai pe teritoriul Rusiei, ci în întreaga lume (Brejnev, 1976). În sudul Anatoliei, datorită unei bogate diversități genetice a inului, Vavilov a localizat aici, centrul de origine a acestei specii. Cu ocazia unei expediții organizate ulterior, după 15 ani, Vavilov a identificat în aceiași regiune numai o singură formă primitivă de in, și aceasta adusă din Argentina, formă care a înlocuit varietățile locale de in, datorită unei bune rezistențe la boli (Harlan, 1956). În Grecia în anul 1931, Bennet (1976) a constatat că 79% din soiurile de grâu, erau vechi, primitive. După 22 de ani

proporția acestora a scăzut la 48%, iar în anul 1958 mai existau doar 10%. În prezent ele au fost înlocuite în totalitate cu soiuri noi, moderne.

UICN și WNF estimează că 60.000 de specii de plante (aproape un sfert din speciile existente în întreaga lume) vor dispare până la mijlocul secolului nostru, dacă degradarea naturii va continua în ritmul actual. Nu se cunoaște deocamdată, câte din aceste specii sunt înrudite cu plantele de cultură. Din observațiile făcute, rezultă că numărul lor este destul de mare. Pentru unele specii sălbatice, care cresc sub formă de buruieni, în culturile agricole, supraviețuirea lor este asigurată de noul mediu creat de om. De exemplu *Aegilops cylindrica*, unul din strămoșii grâului crește în unele zone din SUA. Însă alte specii sălbatice, precum măslinul din Algeria și Sudan, varza din sudul Europei, sfecla din Portugalia și Grecia și cafeaua din estul Africii, sunt amenințate cu extincția.

Câteva specii cultivate, singurele înrudite cu unele specii sălbatice sunt amenințate cu extincția, fie prin pierderea unei părți importante dintre indivizi, fie a populației în întregul ei. Pentru speciile sălbatice pierderea chiar și a unei părți din populație reprezintă o pierdere genetică, dat fiind faptul că amelioratorii de plante au nevoie în activitatea lor de variații genetice individuale. Atunci când habitatul unei specii se reduce, populațiile periferice, care au adesea caractere particulare, ca de exemplu adaptarea la un factor de mediu specific, în raport cu restul populației poate să dispară prin eroziune genetică.

Pierderile de resurse genetice tradiționale au avut loc și în România la speciile cu înmulțire sexuată și asexuată. De exemplu, până în anul 1957, în țara noastră, se cultivau numai soiuri și rase locale de porumb (Cristea M., 2004). Odată cu apariția hibrizilor, în stațiunile de ameliorare s-au dezvoltat programe de creare a liniilor consangvinizate, obținându-se primii hibrizi de porumb. Cultivatorii au renunțat treptat la soiurile și rasele locale, datorită productivității scăzute, acestea nu au mai fost utilizate în cultură și treptat au dispărut. În prezent se mai

cultivă sporadic populații locale de porumb doar în localitățile situate la altitudini de peste 400 m (Murariu M., și colab, 2012).

3.5. Dinamica eroziunii genetice în spațiu și în timp

Diversitatea genetică se schimbă întotdeauna - în spațiu și în timp. Spațial, uneori reflectă modelele din mediul înconjurător (adică condițiile abiotice, cum ar fi vânturile, niveluri de umiditate ai solului sau modele climatice, condițiile biotice cum ar fi prădatorii, polenizatorii sau interacțiunile microbiene), sugerând adaptarea organismelor la diferite condiții. Dar dacă diversitatea genetică este adaptivă sau nu, ea este în mod constant în mișcare în arealul său de creştere, prin migrație, polen și semințe și alte sisteme de propagare, şi dispare prin mortalitate - atât aleator, cât și selectiv. Arena generală în care se desfășoară o mare parte din activitatea de reproducere și mişcare genetică este numită "populație" - care, pentru multe specii, este o " entitate virtuală" și dificil de identificat pe teren.

Diversitatea genetică se schimbă de-a lungul timpului ca urmare a unor factori aleatorii. De exemplu, dacă o anumită sămânță - cu diversitatea sa genetică inerentă – germinează, supraviețuirea ei depinde, într-o oarecare măsură, nu numai de compatibilitatea sa cu mediul, dar și de fortuitatea de a fi în locul potrivit la momentul potrivit. Şi dacă trece în generaţia următoare cu moștenirea sa genetică nu depinde doar de capacitatea sa reproductivă, dar și de evenimentele întâmplătoare care influențează încrucișarea și supraviețuirea descendenților săi. Cu fiecare generație, genele sunt remaniate și recombinate, într-o măsură mai mare sau mai mică, în funcție de sistemele de reproducere, de structura populației și de selecție. Pentru plante, de exemplu, longevitatea și forma de viață a speciei (specii anuale, perene, şi specii lemnoase cu durată lungă de viață), nivelul ploidei (diploid sau tetraploid), modul de reproducere (asexuat, sexuat sau unele combinații; dioice sau monoice), și sistemul de reproducere (de exemplu, alogame, autogame sau diferite

combinaţii) toate cântăresc foarte mult în determinarea mișcării genelor și a valorii naturale a diversității genetice. Eroziunea genetică este opusul acestui peisaj dinamic al schimbărilor genetice, și în contextul important al biologiei speciilor individuale.

Relația dintre mărimea populației și pierderea diversității genetice a fost bine stabilită și cuantificată, la nivel seminal de Wright (1931) În general, populațiile mici tind să-și piardă variațiile genetice prin drift genetic (un proces randomizat) mult mai rapid decât la populațiile mai mari. Și cu cât mărimea generaţiei este mai scurtă (adică timpul până la maturitatea reproductivă), diversitatea se pierde mai rapid (Frankham și colab., 2004). Relația dintre mărimea populației și diversitatea genetică, a fost examinată la nivel de specie, unii cercetători au descoperit că speciile rare sau foarte rare sunt, în general,mai puțin diverse din punct de vedere genetic decât cele mai comune specii de plante (Karron 1987, 1991; Hamrick și Godt 1990; Gitzendanner și Soltis 2000; Cole 2003). Cu toate acestea, este important de menționat că pot exista procese diferite care stau la baza relației dintre diversitatea genetică și mărimea populațiilor din cadrul unei specii.

Driftul genetic este a doua consecință care afectează în mod negativ diversitatea genetică. Pur și simplu, populațiile mai mici sunt mult mai susceptibile să se autopolenizeze. La fel, în cazul unei specii diploide, care se reproduce pe cale sexuată, probabilitatea de autopolenizare este la fel de mare în cazul populațiilor mai mici. Și procesul este cumulativ, astfel încât în timp, încrucişarea între indivizi independenți este imposibilă (Frankham și colab., 2004). Autopolenizarea are loc, de asemenea, în populații mai mari, dar acest fenomen este mai puțin frecvent, iar impactul este vizibil într-o perioadă lungă de timp. O creștere a nivelului de autopolenizare (la plante care sunt, în general, agresive în natură) are consecințe profunde pentru populație. Aceasta duce la creșterea nivelulului de homozigoţie în populație (într-o plantă individuală diploidă, există două copii ale

aceleiași alele, mai degrabă decât două alele diferite pentru un anumit locus); și scade astfel nivelul heterozigoţiei.

În general, homozigoția crescută (în special alele parțial recesive sunt alele ușor dăunătoare) duce la o reproducere și o supraviețuire redusă (o capacitate de reproducere mai scăzută) și în cele din urmă creşte riscul de dispariție (Charlesworth și Willis 2009). Prin urmare, această cascadă de evenimente care rezultă din creșterea nivelului de autopolenizare a fost descris ca "depresie de autopolenizare" (Falconer 1981).

Pierderea diversității genetice poate apărea în cazul proiectelor de restaurare sau reintroducere a unor specii sau varietăţi de plante, în cazul în care sursa de sămânță sau materialul de propagare includ numai un număr mic de plante-mamă sau o cantitate mică de diversitate genetică. Această modificare a compoziției genetice a populației din cauza unei origini constituite dintr-un număr mic de indivizi a fost numit "efectul fondator". Astfel de efecte includ de multe ori, pe lângă scăderea diversităţii genetice, o creștere a derivei genetice care poate duce la o creștere a homozigoţiei, așa cum a fost descrisă mai devreme. Suntem conștienți de efectele fondatoare în natură, cum ar fi cele care apar atunci când un număr mic de indivizi au format o nouă populaţie, fiind considerată o specie care a migrat, în perioade lungi de timp, ca răspuns la schimbările climatice. (Ledig 1987). Dar efectele fondatoare pot să apară ca urmare a activităților umane și într-o perioadă mult mai scurtă de timp. De exemplu, într-un efort de restaurare a speciei *Zostera marina* L., analizele genetice au arătat că plantele transplantate au avut în mod semnificativ o diversitate genetică mai mică decât cele care au crescut în mod natural, nedeteriorate (Williams și Davis 1996). Mai mult, studiile ulterioare au arătat că pierderea diversității genetice în populațiile restaurate corespundeau cu ratele mai scăzute de germinare a semințelor și apariția de mai puțini lăstari reproducători, sugerând consecințe negative pentru restabilirea populațiilor (Williams 2001).

Eșantionarea necorespunzătoare a diversității genetice în semințe, bulbi, ramuri sau alte organe, poate duce la reducerea diversității genetice în generațiile următoare. De exemplu, o colecție constând din semințe de la 10 părinţi înrudiţi ar avea probabil mai puțină diversitate genetică decât una compusă din 10 indivizi care nu au nici o legătură de rudenie. Acest lucru se aplică populațiilor de plante alogame. Dacă o specie se reproduce asexuat, reducerea diversităţii genetice în colecţiile genetice poate să apară prin folosirea involuntară a eșantioanelor (butași sau alte părți ale plantelor) de la acelaşi individ. În funcție de structura genetică spațială a speciilor de plante, reducerea diversității genetice poate apărea și prin eșantionarea unui număr mic de populații (Guarino și colab.,1995).

3.5.1. Surse noi de reducere a eroziunii genetice

Noua diversitate este adăugată populațiilor de plante prin mutație – originea întregii diversităţi genetice - și migrarea genelor din alte populații. Noile combinații de alele sunt formate prin recombinare. Mutațiile adaugă diversitate genetică foarte lent în populații și, în general, se răspândeşte greu în cadrul populaţiei şi între populații. Rata de răspândire este influențată de rata de reproducere, natura semințelor și dispersia polenului. În orice caz, poate dura multe generații pentru a avea o frecvență apreciabilă, iar acest lucru se traduce în perioade extrem de lungi, dacă și timpul de regenerare este îndelungat. Dat fiind perioadele potențial lungi, pentru introducerea de diversitate genetică nouă, orice tip de influență poate duce la creșterea ratelor de pierderi naturale a diversității genetice (ex. selecția naturală) .

Mutațiile pot avea efecte pozitive, neutre sau dăunătoare pentru indivizi şi populații. Mutațiile benefice sunt cele care îmbunătățesc într-un fel supraviețuirea sau capacitatea de reproducere. Speciile de plante care sunt, în mare parte alogame - de obicei, au nivel scăzut de alele dăunătoare. Suma influențelor mutațiilor dăunătoare sunt denumite

încărcături genetice sau efecte mutagene (Crow 1993). Deci, chiar și în condiții naturale, există o diversitate genetică nedorită care nu este benefică pentru specie.

Deși este o ultimă sursă a diversității genetice - mutația, reprezintă o nouă diversitate genetică şi poate fi introdusă într-o populație prin mijloace naturale, cum ar fi dispersia seminţelor, polenizarea sau prin introducerea artificială, cum ar fi transplantarea. Pe cale naturală mutaţiile apar de obicei încet, iar alelele noi în mod normal au o frecvență joasă, cel puțin la nivelul inițial. Pe cale artificială, pot apărea rapid și pot schimba dramatic compoziția genetică. Indiferent cum a fost introdusă diversitatea genetică în populațiile de plante, benefică sau dăunătoare va depinde de context.

Factorii determinanți care influențează diversitatea genetică sunt:

- cantitatea de diversitate genetică rămasă în populația rezidentă;
- diferențele genetice între plantele rezidente și cele introduse și;
- sistemul de reproducere.

Hibridarea între populații poate provoca o creștere a capacității fizice (vigoarea hibridă) sau scăderea capacităţii fizice (depresie de alogamie). Translocarea între populații poate fi, în unele cazuri, un mijloc de succes în combaterea eroziunii genetice şi conservarea potențialului evolutiv (Edmands și Timmerman 2003). Dacă plantele introduse nu sunt bine adaptate pe termen lung, dar supraviețuiesc prin reproducere și ajung la maturitate, hibridarea între indivizii introduși și cei rezidenți poate reduce nivelul de adaptare al generațiilor ulterioare (depresie de încucișare) (Hufford și Mazer 2003). Plantele sunt cunoscute pentru variabilitatea sistemelor de reproducere, chiar în cadrul aceleiași specii. Deci, amestecul aleatoriu al populațiilor de plante - în cazul speciilor este cunoscut ca un sistem de încrucișare a variabilității populației –ceea ce ar putea însemna că plantele cu sisteme de

reproducere necorespunzătoare se vor stabili și vor perturba dezvoltarea caracterelor specifice prin recombinare genetică (Linhart 1995).

În funcție de sistemul de reproducere al populațiilor și de baza genetică a caracterelor plantelor, este posibil ca efectele specifice să varieze în timp sau peste generații. Așadar, impactul negativ al depresiei autogamiei sau alogamiei ar putea să nu apară în primele generații, ci mai degrabă în generaţiile ulterioare. În mod alternativ, efectele negative ar putea scădea în timp, probabil datorită selecției naturale.

3.6. Practici de atenuare a eroziunii genetice

Cele mai adecvate și eficiente practici de prevenire, gestionare sau restaurare pentru reducerea impactului eroziunii genetice, depind de context și de obiectivele managementului. Pentru culturile agricole, soluțiile s-au axat pe tehnologiile de conservare *ex situ* - cum ar fi bănci de semințe, bănci de gene, bănci de culturi *in vitro*, pepiniere și grădini botanice. Această abordare permite menținerea diversității genetice chiar dacă nu este în prezent utilizată în practica agricolă. În plus, cercetarea genetică privind unele culturi importante din agricultură, compară diversitatea genetică între soiurile moderne și cele istorice și chiar cu speciile de plante sălbatice progenitoare, acolo unde este posibil.

Pentru speciile de plante native, accentul se pune preponderent pe conservarea diversităţii genetice *in situ*, deși metodele de conservare *ex situ* sunt cu siguranță mai potrivite. Cu toate acestea, conservarea *ex situ* nu este un înlocuitor eficient sau rezonabil pentru conservarea *in situ*. Acestea sunt strategii de conservare complementare, mai degrabă decât alternative (Falk 1987; Given 1987). Colecțiile *ex situ*, de exemplu, sunt doar eșantioane ale diversităţii genetice a unei specii și înlătură influenţa selecției naturale și, prin urmare, nu pot acumula noi adaptări în timp. Sunt de asemenea, vulnerabile la restricţiile financiare, pierderile în diversitate depind de metodele de stocare, de pierderile catastrofale cauzate de defecțiunile echipamentelor sau apariţia unor incendii, etc.

Evitarea pierderii unui habitat sau a fragmentării habitatului, care poate întrerupe răspândirea genelor între populații, sunt practici de management importante. În plus față de conversia și fragmentarea habitatelor, pierderea unei părţi din populație şi a diversităţii genetice pot, de asemenea, să apară prin impunerea unor măsuri suplimentare și a unor obiective de gestionare incompatibile, sau chiar a unor consecințe neintenționate. Un exemplu concludent de mărime a populației: o populaţie de *Pinus radiata var. binate* - din Insula Guadalupe din Mexic. Autorităţile au refuzat să reglementeze păşunatul extrem, astfel că în 1957 erau mai puțin de 500 de exemplare din această specie, iar în anul 2001 doar 200 (Rogers și colab., 2006), aceasta din cauza păşunatului excesiv al caprelor. Cu toate acestea, după un efort extrem au fost înlăturate caprele, regenerarea naturală a fost reluată deși impactul genetic al diminuării mărimii populației nu a fost evaluat. Dar acest nivel de gestionare este adesea dincolo de controlul managerilor din zonele naturale și ale altor profesioniști care au în lucru diferite proiecte de restaurare. Cu toate acestea, eroziunea genetică a populațiilor de plante native în spații deschise protejate sau în zone de conservare poate fi redusă prin practicile și politicile care promovează diversitatea genetică între fragmentele de habitat.

Prin diversitatea jurisdicțiilor implicate la nivel local, directive guvernamentale (ordonanțe) și politici neguvernamentale (ONG-urile) care au influență asupra deciziilor de mediu, de cele mai multe ori sunt foarte utile. De exemplu, un ONG activ din Statul California - California Native Plant Society - a elaborat un document de orientare care recomandă, amenajarea peisajelor horticole, utilizarea unor surse locale cunoscute de specii de plante native, oferind astfel o continuitate adecvată din punct de vedere genetic, în cazul în care zonele și grădinile private amenajate pot conecta fragmente de populații naturale (CNPS 2001). În SUA, protecția populaţiilor de plante aflate în pericol sau amenințate din considerente genetice, cum ar fi protecția populațiilor

minim viabile, menținerea sau stabilirea conectivității între populații, poate reduce la minimum apariția eroziunii genetice. Cu toate acestea, există rareori suficiente informații specifice speciilor pentru a sprijini aceste politici, în cazul în care acestea există, cerințele sunt adesea destul de generale. De exemplu, în cadrul unui plan de recuperare a 24 de populații de plante enumerate de către guvernul federal din California a arătat că în numai 10 cazuri a fost cercetări privind problemele genetice recomandate, în 7 cazuri au fost exprimate îngrijorări pentru contaminarea unor populații locale datorită introducerilor din exterior și numai într-un singur caz au fost monitorizate variațiile genetice abordate în mod specific.

Amelioratorii care selectează indivizi uniformi (greutatea semințelor, timpul de germinare sau creșterea timpurie a înălțimii) pot determina scăderea diversităţii genetice. Acest fenomen este denumit "drift genetic". De exemplu, o schimbare spre o germinație mai uniformă în colecțiile de in cultivat, versus speciile sălbatice de in, au furnizat rapid unele dovezi ale selecției nepotrivite pentru seminţele nedorminde, care au germinat rapid în condiţii de seră (Meyer și colab., 1994).

Manipularea sau depozitarea necorespunzătoare a semințelor pot schimba baza genetică, dacă condițiile sunt de așa natură încât indivizii mai toleranți la secetă sau toleranți la frig, pot să supraviețuiască și alții pot chiar să moară. Unele pierderi în timpul activităţilor de depozitare, plantare sau manipulare ar putea duce pur și simplu la eliminarea timpurie a plantelor care ar putea muri în orice moment. Cu toate acestea, dacă presiunile de selecție exercitate asupra colecțiilor nu sunt identice cu cele existente în stare naturală, atunci diversitatea unor gene valoroase poate fi pierdută. Atunci când semințele nu sunt doar cultivate, ci produse în pepinieră, modul de polenizare a formelor parentale va fi de asemenea important în determinarea compoziției genetice a semințelor (Reinartz, 1995).

Un procent mare de specii de angiosperme au fost descrise ca fiind poliploide. Diferențele în numărul de cromozomi se pot corela cu diferențele de comportare, de dispersare, sau interacțiuni ale indivizilor și pot indica limitări în ceea ce privește compatibilitatea sexuală (Burton și Husband 2000). Totuși, numărul de cromozomi ai populațiilor naturale, indiferent dacă este sau nu cunoscut, este rareori luat în considerare în strategiile de conservare sau gestionare. Deoarece numărul cromozomilor nu este ușor de prezis (poate exista o variabilitate mare a numărului de cromozomi într-o familie sau gen) și nu este foarte des determinat chiar și în contextul studiilor genetice și, prin urmare, nu este luat în considerare în lucrările de gestionare sau de restaurare. Ca rezultat, plantarea speciilor cu un număr necunoscut de cromozomi, în acţiunile de restaurare, poate duce la pierderea și eventual la eroziunea cromozomilor comuni ori distrugerea cromozomilor care răspund de adaptarea speciei. Dacă cromozomii nu pot fi număraţi direct, dimensiunea relativă a genomului poate fi dedusă în mod rezonabil fie din conținutul ADN-ului, prin citometrie de flux (evidenţă directă) sau modele de bandare cu aloezime (evidenţă indirectă).

În rezervaţiile naturale sau în rezervele genetice, în care a fost identificată încrucișarea ca un risc major pentru populațiile țintă, suplimentarea diversităţii genetice poate fi necesară. Bijlsma și Loeschke (2012) sugerează trei modalități pentru a face acest lucru:

a. creșterea fluxului de gene între populația țintă și cele mai apropiate populații din cadrul speciei;
b. creșterea mărimii populației (mărimea habitatului ar putea, de asemenea, să determine acest lucru);
c. schimbarea fondului genetic cu populații mai îndepărtate și chiar cu populațiile din habitate diferite (aceasta este măsura cea mai extremă și poate determina creșterea riscului de distrugere a adaptarii locale, pentru că trebuie să se realizeze un echilibru

între riscul actual de pierdere al populației din cauza încrucișării defectuase și a incapacității de adaptare.

Așadar, se accentuează necesitatea monitorizării și luarea unor măsuri rapide, deoarece nivelul de diversitate genetică într-o populație poate deveni foarte mic, și astfel de remedii nu mai sunt utile.

3.7. Eroziunea genetică și agricultura modernă

Eroziunea genetică a plantelor cultivate reprezintă o reală amenințare peste tot unde agricultura evoluează rapid și unde se aplică metode moderne de ameliorare. Această situație naște următoarea întrebare: în condițiile în care eroziunea genetică produce mari pierderi de resurse genetice, ar trebui să ne întoarcem la agricultura tradițională sau să abordăm în continuare, poate cu mai multă insistență, agricultura modernă cu toate riscurile ei? Este adevărat că agricultura tradițională integrează, pe de o parte soiurile vechi, primitive, cu baza lor genetică largă, rezistente la atacul bolilor și dăunătorilor și la factorii naturali, iar pe de altă parte tehnologiile tradiționale fără îngrășăminte chimice și fără pesticide, cu lucrări ale solului efectuate cu animale sau manual, asigurând în aceste condiții o producție agricolă suficientă pentru locuitorii Terrei, dar pentru vremurile trecute. Astfel dacă în anul 1950 locuitorii Pământului se compuneau din 25 de milioane de persoane, în anul 1970 a atins 4 miliarde, în anul 2000 s-a ajuns la 6,1 miliarde de oameni, iar în anul 2011 trăiau pe Terra 7 miliarde de locuitori. Explozia demografică face ca în prezent cele 5,1 miliarde de hectare de teren arabil ale Terrei să asigure hrană pentru 7 miliarde de locuitori existenți în prezent sau 8-10 miliarde de persoane, cât se preconizează că vor fi în anul 2030. În mod firesc se pune întrebarea: agricultura tradițională va putea face față unei asemenea creșteri demografice? Răspunsul dat de specialiști este categoric NU.

Agricultura modernă poate asigura hrana întregii populații de pe Terra, dar cu acceptarea unor riscuri care în parte pot fi surmontate prin luarea unor măsuri organizatorice, tehnice și politice.

În paralel cu această situație se constată că în totalul mondial de 826 de milioane de oameni subalimentați, 792 de milioane sau 95,9% se găsesc în țările slab dezvoltate.

În trecut, cauza tuturor acestor situații erau puse pe seama creșterii demografice și de aici recomandarea: dacă doriți o viață mai bună, opriți creșterea excesivă a populației (soluția demografică). Între timp această recomandare nu a mai rezistat, fiind necesară o regândire a raportului între creșterea demografică și dezvoltare, ajungându-se astfel la „soluția economică", care susține că explozia demografică, ca și celelalte efecte negative sunt determinate de subdezvoltare, sărăcie, foame, analfabetizare, ș.a. Explozia demografică este o componentă asociată cu subdezvoltarea și nu o cauză a acesteia. Strategiile care ar rezolva problema sunt cele globale ale dezvoltării, în care se includ și politicile demografice. Într-o lume limitată ca resurse și suprafețe, populația nu poate crește nelimitat.

Degradarea mediului, creșterea excesivă, demografică și producțiile scăzute din agricultură din țările sărace ale lumii și distribuția inechitabilă a hranei, reprezintă cauzele majore ale insecurității alimentare.

Pe lângă celelalte cauze care determină insecuritatea alimentară, o pondere importantă o are eroziunea diversității genetice a plantelor, care își extinde efectele și asupra șanselor de a identifica surse valoroase de gene pentru ameliorarea plantelor. După recentele evaluări făcute de FAO, diversitatea genetică a plantelor a fost pierdută în proporție de trei pătrimi. Fără o infuzie constantă de gene, de la speciile sălbatice, rude ale plantelor cultivate, ameliorarea plantelor ar întâmpina dificultăți mari în combaterea bolilor și dăunătorilor, care produc pagube foarte mari, culturilor agricole. În acest sens o contribuție de seamă ar putea avea

speciile sălbatice înrudite cu cele cultivate, sporindu-le vigoarea și sănătatea soiurilor și hibrizilor nou creați. La mijlocul anilor '80, dezbaterile asupra pericolului ce îl reprezintă procesele de degradare a mediului natural s-au intensificat, căpătând mai multă consistență și coerență, trăgându-se un puternic semnal de alarmă și un avertisment serios, asupra fenomenelor negative. În acest context termenul de biodiversitate capătă o nouă dimensiune și un sens mult mai bine conturat, beneficiind de o largă mediatizare. Așa se explică de ce comunitatea internațională a simțit nevoia organizării unei ample dezbateri pentru identificarea unor soluții instituționale, teoretice și pragmatice, pentru depășirea problemelor dificile cu care se confruntă omenirea privind asigurarea siguranței alimentare, cu alte cuvinte rezolvarea problemelor legate de sărăcie și foamete.

3.8. Evaluarea ritmului de extincție a speciilor

Numărul speciilor dispărute sau amenințate cu dispariția este dificil de stabilit. Din această cauză există în literatura de specialitate și mai ales în mass-media, numeroase date care nu întotdeauna concordă. Dacă pentru vertebratele mari, evaluarea pierderilor prezintă mai multă încredere, viețuitoarele mici, precum nevertebratele și mai ales ciupercile și algele sunt foarte greu de evaluat. Până în prezent sunt înregistrate științific 1.700.000 de specii, dar se estimează că numărul lor ar fi mult mai mare de 10.000.000- 12.000.000 de specii. Există unanimitate în ceea ce privește numărul speciilor inventariate, precum și faptul că numărul lor ar fi mult mai mare, dar ce înseamnă „mai mare" este greu de spus. Cu privire la vertebrate, Kai-Lindhal, 1972 (citat de Botnariuc și Vădineanu, 1982) a publicat lista cu speciile dispărute, probabil dispărute și în pericol de dispariție. (tabelul 3.1).

Tabelul 3.1.

Numărul speciilor de vertebrate dispărute și amenințate cu dispariția în timpurile istorice (Kai –Lindahl, 1971)

Zona Geografică	Număr de specii dispărute	Număr de specii probabil dispărute	Număr de specii în pericol de dispariție
Africa	21 (13*)	9	21 + 4 citate pt. Asia
Europa	5 (4) + 2 din Asia	-	216 + 2 pentru America de Nord
Asia	40 (39)	8	
America de Nord	52 (32)	7	164 + 7 citate pentru Asia
America de Sud	61/35	6	153
Australia	48/45	12	119
Oceania	51/51	3	59
Insule oceanice izolate	53/58	4	69
Antarctica	0	0	0
Oceane	0	0	26
TOTAL	311/257	49	982
Clase	dispărute	Probabil dispărute	101
Mamifere	102/69	13	388
Păsări	173/55	19	81
Reptile	-	1	17
Amfibii	17/4	10	95
Pești	19/19	-	
TOTAL	311/357	49	482

*(între paranteze este trecut numărul de specii dispărute după anul 1700)

Dată fiind dificultatea unui asemenea demers, probabil și lista prezentată de Kai-Lindhal, prezintă unele imperfecțiuni. Totuși trebuie de apreciat că ea asigură o imagine, fie și aproximativă, în această problemă.

Evaluarea ritmului de extincție a speciilor s-ar putea realiza plecând de la ritmul actual de dispariție a pădurii tropicale. În timpurile preistorice, pădurile se extindeau pe 14 până la 18 milioane de km^2. Au rămas în „picioare” jumătate. Despăduririle din ultimii 15-20 de ani au dus la distrugerea unui milion de km^2. Presupunând că pădurile

adăpostesc 10 milioane de specii, se poate ajunge la cifra de 27.000 de specii care sunt anual condamnate la extincție, din cauza defrișării. În alți termeni se poate spune că în fiecare zi dispar 74 de specii.

În prezent omenirea se găsește în fața celui mai agresiv fenomen de extincție a speciilor din istoria geologică, cu un ritm superior față de trecut.

Un alt mod de abordare în evaluarea extincției speciilor pornește de la cercetarea fosilelor. Pe această bază se apreciază că în 500 milioane de ani, au avut loc șase mari faze de extincție. Cea mai recentă având loc cu 65 de milioane de ani în urmă, constând din căderi masive de meteoriți în Mexic la Yucatan, care a dus la sfârșitul erei dinozaurilor. Această catastrofă a distrus 30-40% dintre speciile de plante și de animale ale Terrei. Datorită faptului că evoluția viețuitoarelor constituie un proces biologic extrem de lent, regenerarea biodiversității s-ar putea realiza într-o perioadă de timp foarte îndelungată, de ordinul a milioane de ani.

În prezent specialiștii susțin că ne găsim la începutul celei de –a șaptea fază de extincție din istorie, dar de această dată fenomenul nu are loc datorită factorilor naturali, ci din cauza omului. Se estimează că ritmul actual de extincție este de la 100 la 1000 de ori mai mare, decât a fost înainte de apariția omului, adică cu 500.000 de ani în urmă. În timpul celei mai mari părți din trecutul geologic, speciile trăiau un milion de ani. Speciile noi care apăreau le înlocuiau pe cele care dispăreau, aproape în același ritm. Astăzi nu numai rata de extincție este ridicată, ci și cea de natalitate a noilor specii este scăzută, în măsura în care omul degradează mediul natural.

După UICN (Uniunea Mondială pentru Conservarea Naturii) aproape un sfert din mamifere și mai mult de o zecime de păsări sunt amenințate cu extincția. O cincime din speciile de reptile, o pătrime din amfibieni și 34% din pești, în principal din apele dulci, sunt în același pericol. Aceste proporții se aplică numai speciilor bine cunoscute. Din grupul celor mai puțin cunoscute mai mult de 500 de specii de insecte,

400 de crustacee și 500 de moluște sunt în egală măsură amenințate: UICN apreciază că aceste cifre sunt subevaluate. În regnul vegetal se presupune că a opta parte din plantele cu înmulțire sexuată sunt amenințate cu dispariția.

3.9. Asigurarea securității alimentare

Pentru asigurarea hranei populației, reprezentată de peste șapte miliarde de oameni și mai ales pentru cele 9-10 miliarde care sunt estimate în anul 2050, resursele alimentare trebuie să crească semnificativ.

Una din soluțiile pentru asigurarea acestor obiective este creșterea substanțială a potențialului de producție a cultivarelor nou create pentru atingerea performanțelor de înalt nivel. Un rol important în acest demers îl au, pe de o parte, valoarea materialului genetic ce trebuie utilizat, iar pe de altă parte, eficientizarea metodelor și tehnicilor de lucru în activitatea de ameliorare.

Pentru cauzele majore care determină degradarea mediului pot fi semnalate creșterea excesivă a populației, asociată cu starea de subdezvoltare (sărăcia, foamea, analfabetism, epidemii de boli, etc.) din țările sărace ale lumii, reprezintând peste 80% din populația planetei care exercită o presiune puternică asupra mediului natural, degradând armonia și echilibrul ecosistemelor cu tot ceea ce înseamnă viața în interiorul lor. Pe lângă fenomenele dificile, uneori dramatice, care au loc în lume, din care unele naturale, iar altele sociale, în ultimul timp, la toate acestea se adaugă un alt fenomen, cu mare potențial de distrugere: poluarea.

Este interesant faptul că pe lângă cauzele prezentate o „contribuție" importantă o are omul și paradoxal, același om este obligat de propria-i supraviețuire, să lupte pentru a-l apăra și a-l repara. Dar este mai ușor să distrugi decât să repari! Dispariția unei specii care s-a format în procesul lung al evoluției, sub influența factorilor naturali, îndeosebi a selecției naturale, reprezintă o pierdere irecuperabilă.

Un alt fenomen care contribuie la degradarea mediului este creșterea excesivă a populației în țările în curs de dezvoltare din Asia, Africa și America Latină. În prezent peste 80,5% din populația Lumii este concentrată în țările în curs de dezvoltare și numai 19,5% în țările dezvoltate. Disproporția și așa mare se va adânci și mai mult în viitor, astfel că la orizontul anilor 2050, populația țărilor în curs de dezvoltare va atinge 87,3%.

După datele prezentate de FAO, două miliarde de oameni nu au asigurată securitatea alimentară în termenele stabilite de FAO. În numeroase țări creșterea demografică a progresat în ultimii ani, mai repede decât producția de hrană. Producția mondială de cereale a sporit cu aproximativ 1% pe an între 1997-1998, în timp ce procentul mediu de creștere demografică a fost de 1,6% în țările în curs de dezvoltare (Brown, L. Gardner și Halwell, 1991). Între 1985-1995 producția de hrană din 195 de țări în curs de dezvoltare a fost inferioară în raport cu creșterea demografică (FAO, 1999 b). Situația cea mai dificilă este în continentul african, unde 46 de țări au o situație deosebită (FNUAP, 1997). Suprafața medie/persoană a culturilor cerealiere între anii 1950 - 1996 s-a diminuat la jumătate, scăzând de la 0,23 ha la 0,12 ha. În 2030 când populația mondială va ajunge la 8 miliarde de locuitori, suprafața medie a acestor culturi/persoană va fi de 0,08 ha (FNUAP, 1997).

După datele Institutului Internațional de Cercetare pentru Politici Agricole, agricultorii din toată lumea vor trebui ca în 2020 să producă o cantitate de boabe mai mare cu 40% față de 1999. Acest spor de producție trebuie realizat pe seama creșterii randamentului pe terenurile existente și nu pe seama extinderii suprafeței terenurilor cultivate (FAO, 1996, a).

În privința asigurării hranei există mari diferențe între țările lumii: Australia, Europa, America de Nord produc mari cantități de alimente, atât pentru consumul intern, precum și disponibilități pentru export. Există însă unele îndoieli asupra posibilităților pe termen lung a

acestor creșteri. Agricultura superintensivă practicată de țările foarte dezvoltate, au produs în ultima vreme evenimente deosebite, care pun sub semnul întrebării unele metode și practici reclamate de agricultura intensivă. Există teama ca bolile foarte periculoase (pesta porcină, encefalita spongiformă bovină, febra aftoasă, infecțiile cu *E.coli*) boli care s-ar datora dorinței pentru maximizarea randamentelor agricole și reducerea costurilor ar crea mari dereglări în producția de hrană a omenirii. De asemenea sunt supuse dezbaterilor, organismele modificate genetic (OMG) pentru riscurile care s-ar putea să apară în urma folosirii lor (Ray Caroli, 1999). Pe de altă parte există țări care nu pot asigura producția de hrană pe plan intern, dar cu posibilități de a le importa (Japonia, Singapore, Chile și statele petroliere din Golful Arab).

Mai mult de jumătate din populația mondială este localizată în cea mai mare parte în țările în curs de dezvoltare, cum ar fi cele din Africa, fiind din categoria țărilor cu un venit redus și cu deficit alimentar (FAO, 1999).Țările cu un venit foarte redus și cu deficit alimentar nu produc suficient pentru cetățenii proprii, și nu pot importa produse alimentare pentru a completa deficitul alimentar. În aceste țări, conform evaluării FAO, aproape 800 de milioane de cetățeni suferă de malnutriție cronică (FAO; 1999).

Problemele care se ridică în țările foarte sărace ale lumii se datorează degradării solului, penuriei cronice de apă, politicilor agricole inadecvate, creșterii explozive a populației, etc. (FAO, 1996 a).

Pierderea diversității genetice, cu efectele ei nefavorabile nu numai asupra mediului dar și asupra șanselor de a crea noi cultivare superioare, constituie o altă problemă în asigurarea hranei.

După 10.000 de ani de agricultură sedentară și după descoperirea în jurul a 5000 de specii vegetale comestibile, numai 15 culturi furnizează 90% din alimentele întregii omeniri, patru dintre ele – orezul, grâul, porumbul și cartoful sunt alimente de bază pentru 4 miliarde de persoane (Banca Mondială, 1998). Este riscant de a fi dependent de

numai 4 culturi, pentru că o boală se poate răspândi cu mare repeziciune în regim de monocultură, așa cum s-a întâmplat în Irlanda cu cartoful între 1840-1850, când o cincime din populația Irlandei a murit efectiv de foame.

Conform estimărilor FAO, după 1990, diversitatea genetică a plantelor a fost pierdută într-o proporție mult mai mare (FAO; 1995). Fără o infuzie constantă de gene din speciile sălbatice, sau din cele sălbatice înrudite cu speciile cultivate, geneticienii și amelioratorii nu pot continua ameliorarea plantelor. Este necesar să se introducă după 5 sau 10 ani de utilizare, în soiurile cultivate gene din speciile sălbatice, pentru a da o vigoare nouă plantelor cultivateși rezistență la boli și dăunători, precum și la adversitățile mediului. După FAO dacă pierderile se vor produce în același ritm ca în prezent, aproximativ 60.000 din speciile vegetale, care reprezintă un sfert din total, se vor pierde până în 2025.

Pentru a face față celor 8 miliarde de oameni, cât se așteaptă în 2025 și pentru a ameliora regimul alimentar, omenirea ar trebui să dubleze producția de alimente, în raport cu nivelul actual. Este important că există deja unele experiențe pozitive în acest sens. Astfel la orez a fost creat un cultivar, cu capacitatea de a ridica randamentul orezului cu 25% (Midans, 1997). De asemenea a fost creat un hibrid de porumb care ar putea spori randamentul cu 40% și care se comportă bine și pe terenurile sărace (Grier P., 1994) și un nou soi de cartof rezistent la mană (Pearce F., 1998).

Pe de altă parte experiența Revoluției Verzi din anii ‘60 dovedește că progresele tehnologice pot asigura o recoltă bună de producție de alimente însă nu rezolvă problema securității alimentare. Noile cultivare, foarte productive au nevoie de îngrășăminte și pesticide specifice.

CAPITOLUL 4

INDICATORII DIVERSITĂȚII GENETICE-EROZIUNEA ȘI VULNERABILITATEA GENETICĂ A RESURSELOR GENETICE VEGETALE

4.1. Introducere

Amelioratorii de plante, agricultorii și cei care se ocupă de managementul biodiversității, continuă să aibă un rol crucial în deciziile care modelează diversitatea genetică a plantelor de cultură și a speciilor sălbatice. Astfel de decizii includ crearea de resurse genetice care sunt puse la dispoziția agricultorilor, definirea unor obiective largi de conservare și avertizarea privind sărăcirea genetică iminentă. Aceste decizii se iau la nivel – local, național și internațional și necesită indicatori fiabili care să măsoare diversitatea genetică și să răspundă cerințelor umanității.

În cazul resurselor genetice vegetale pentru alimentație și agricultură sunt necesare trei tipuri de măsuri:

1. Monitorizarea stării curente a acestor resurse, sau a diversității genetice permanente, inclusiv cea existentă în câmpuri sau cea naturală din arealele *in situ* și cele depozitate în afara arealului de origine, ex *situ*, în bănci de seminţe sau bănci de gene;
2. Cuantificarea modificărilor diversității genetice în timp, în special pentru monitorizarea pierderii diversității sau a prezenței eroziunii genetice;
3. Urmărirea dezvoltării diversității în spațiu, dar cu perspectiva particulară a vulnerabilității genetice. O astfel de vulnerabilitate apare când există omogenitate genetică sau lipsa diversității face

ca o specie să crească într-o regiune susceptibilă și să fie distrusă din cauza schimbărilor climatice, sau în cazul în care un nou biotip poate fi invadat de boli sau dăunători.

4.1.1. Folosirea și interpretarea indicatorilor diversității

Brown și Brubaker (2002) au prezentat o serie de indicatori, privind gestionarea resurselor genetice vegetale, care ar trebui respectați. Pentru o interpretare fiabilă, indicatorii trebuie să fie valabili din punct de vedere științific, ușor de estimat și ușor de înțeles. Odată ce decizia a fost luată în privinţa indicatorilor utilizaţi, interpretarea estimărilor actuale va prezenta noi provocări. O procedură este să se atribuie o semnificație sau o acțiune unei anumite valori "de referință" prin existența unor standarde absolute (de exemplu, un număr minim de soiuri care ar trebui să sprijine producția vegetală într-o anumită zonă sau valoarea minimă a germinației pentru probele din băncile de gene). Alternativ, scopul poate fi monitorizarea tendințelor în timp, cu ratele dorite sau acceptabile a schimbărilor specificate. Alegerea valorilor care vor declanșa acțiunea, necesită eforturi atât din partea oamenilor de știință, cât și ale utilizatorilor, astfel încât să se asigure că rezultatele sunt semnificative prin folosirea indicatorilor. Chiar și așa, este nevoie de un proces continuu pentru a confirma indicatorul care măsoară efectiv diversitatea.

4.1.2. Eșantionarea germoplasmelor

Din cauza constrângerilor legate de costuri, practic toți indicatorii implică un proces de eșantionare pentru a estima valorile lor curente. Eșantionarea este un pas cheie care determină evitarea erorilor și validitatea datelor înregistrate. Eșantionarea stratificată aleatorie reprezintă tehnica de bază care permite însumarea valorilor pentru straturile heterogene și obţinerea de informaţii cât mai fiabile.

4.1.3. Cuantificarea germoplasmelor

Însumarea este necesară la obținerea valorilor numerice pentru indicatori, combinând valorile pentru regiunile componente, cu perioadele de timp, sau cu speciile. De exemplu, Hamrick și Godt (1989) au estimat diversitatea la diferite specii de plante, clasificate după sistemul de reproducere, pentru a obține estimările globale ale diversității genetice la plante. Făcând o medie a unor entități diferite se ridică o problemă generală: entitățile trebuie să fie tratate în mod egal sau ponderate în funcție de un factor? Factorul de ponderare pentru fiecare componentă ar putea fi o funcție a dimensiunii relative, a frecvenței, calității, capacității productive, sau importanței speciei. În mod alternativ, un factor de ponderare corespunzător ar putea fi o măsură relativă a valorii economice a componentei. De exemplu, speciile cu fructe ar putea avea o anumită pondere în funcție de valoarea lor totală pe piață. Pentru studierea tendințelor în timp, va fi important să păstrăm valorile diversității componentelor, în special în cazul în care factorii de ponderare ei înșiși suferă schimbări în timp.

4.1.4. Comparabilitatea germoplasmelor

O a doua problemă în comparațiile mediilor bazate pe elemente heterogene este eșecul de a face comparații pe elemente comune. Numărul de soiuri tradiționale poate avea o magniudine mai mare decât numărul soiurilor moderne ce aparțin culturilor agricole. Orice schimbări în modelele globale ar putea fi datorate diferențelor în compoziția condițiilor de mediu, și nu în schimbările nivelului de diversitate a oricărui element.

4.2. Estimarea diversității genetice

La început, sarcina de a elabora un set limitat de variabile pentru a măsura cantitatea de diversitate genetică pare să fie simplă. Un

manager sau un factor de decizie pur și simplu dorește să poată raporta, de exemplu, că diversitatea are o valoare constantă sub supraveghere curentă. În acest fel, indicatorul funcționează pentru a monitoriza orice schimbare a diversității genetice sau pentru a reflecta realizările manageriale. O altă utilizare majoră a indicatorilor diversității și eroziunii genetice a resurselor genetice pentru agricultură și alimentație reprezintă compararea stării de variabilitate a diferitelor culturi (de exemplu, bobul care este o cultură străveche în România nu este mai variat genetic decât porumbul care a fost introdus în țara noastră după anul 1631). Comparațiile în cadrul speciei sunt, de asemenea, importante. De exemplu, rasele locale de porumb se mai găsesc doar în Bucovina, în celelalte regiuni ale țării se mai întâlnesc sporadic, de aceia Bucovina poate fi considerată ultimul "punct fierbinte" al diversității populațiilor locale de porumb în România (Cristea D. Mihai, 1984; Murariu M. și colab., 2012).

Foto 2.1. Populații locale de bob și poumb conservate la Banca de Gene Suceava

4.2.1. Localizarea diversității genetice în genomul plantelor

Diversitatea genetică apare în primul rând sub formă de variante în secvența liniară a nucleotidelor. Mutațiile se pot întâmpla în regiunea de codificare a genelor sau în regiunile de separare în interiorul și între

gene, în numărul de copii ale genelor, în modelele de metilare a ADN-ului care afectează epigenomul, în relația de linkage între mai multe gene sau chiar între toți cromozomii. O mică parte dintre aceste schimbări se traduc în variația proteinei, în polimorfismul markerilor, în variațiile fiziologice de dezvoltare și în cele morfologice, în caracterele agronomice și în cele din urmă în varietăți cu nume diferite date de fermieri și de amelioratorii de plante. Există o anumită corelație între variațiile diferitelor caractere, dar, chiar și așa alegerea nu este clară, nu putem ști care caracter este cel mai bun pentru evaluarea diversității. Nu ne putem baza pe nici o însușire, și astfel este important să verificăm tendințele majore în diversitate în mai multe feluri (M.R.Ahuja și colab, 2015).

4.2.2. Bogăția și uniformitatea diversității

Modelele matematice adecvate care ar trebui utilizate pentru estimarea diversității sunt de mult timp în discuție (Magurran 2003). Indicatorii diversității trebuie să reprezinte două concepte de bază ale diversității, și anume: variabilitatea și uniformitatea.

4.3. Indicatorii de bază ai biodiversității

Pentru a elabora un set de indicatori care să măsoare progresul în cadrul unei abordări durabile a managementului resurselor genetice vegetale, Brown și Brubaker (2002) au delimitat patru categorii de resurse, bazate pe două tipuri de fonduri genetice și două tipuri de conservare (*in situ și ex situ*). Cele două tipuri de fonduri genetice sunt în general distincte: specii cu populații cultivate în mod deliberat și specii sălbatice, rude ale celor evoluate sau specii sălbatice aparținând aceluiași gen ca și speciile cultivate. Această construcție se concentrează în primul rând pe speciile cultivate și nu este explicită și nu ia în considerare numeroasele specii de plante pe care oamenii le folosesc direct din flora spontană, în alte scopuri decât să fie surse de gene pentru ameliorarea

culturilor. Aceste specii recoltate includ arbori și arbuști forestieri, furaje și plante medicinale și specii care sunt importante pentru supraviețuirea ecosistemelor (Frankel și colab., 1995). Cu toate acestea, indicatorii de diversitate genetică pentru populațiile naturale ale acestor extra "specii de plante care contează" sunt aceiași ca și pentru speciile sălbatice, rude ale celor cultivate. Intr-adevar monitorizarea provenienței diversității genetice a speciilor forestiere și medicinale trebuie să fie chiar mai importantă decât pentru rudele sălbatice. Acest lucru se datorează faptului că prin utilizarea directă de către om a populațiilor naturale, acesta va fi în mod inevitabil selectiv, generând o presiune de selecție intensă pentru eficacitate (de exemplu populațiile sălbatice de afin din zonele montane ale țării noastre, care sunt recoltate toamna pentru fructele cu calități deosebite, în scopul fabricării de sucuri, tincturi, etc.). Populațiile de afin "cele mai bune" se epuizizează din cauza suprarecoltării, ducând la o eroziune genetică accelerată și la o creștere a vulnerabilității genetice.

Foto 4.2. Populație sălbatică de afin (Loc. Poiana Mărului, Jud. Satu Mare)

4.3.1. Indicatorii diversității genetice pe categorii de resurse

Tabelul 4.1 prezintă o listă a indicatorilor privind biodiversitatea bazată pe categoriile de resurse. Indicatorii de bază pentru fiecare dintre cele patru categorii din acest tabel sunt în esență bazați pe numere. Aceasta reflectă faptul că diversitatea genetică totală într-un taxon în general, tinde să crească odată cu mărirea dimensiunii populației, sau cu

creșterea suprafeței ocupate cu populația respectivă, sau cu creșterea numărului total de indivizi. Comparațiile între specii sunt destul de neclare; speciile abundente nu pot fi întotdeauna mai diverse decât speciile mai rare din cadrul aceluiaș gen. Sunt necesare cercetări pentru a testa fiabilitatea și a confirma relația între numere și diversitatea intra și interspecifică

Tabelul 4.1.

Indicatori diversității genetice la patru categorii de resurse genetice vegetale pentru agricultură și alimentație

Fonduri genetice	*In situ*	*Ex situ*
Specii cultivate	**Numărul și frecvența populațiilor locale, și proporția ocupată din suprafața totală cultivată**	**Numărul speciilor, subspeciilor pe grupe de culturi sau zone geografice, eșantionate în băncile de gene**
	Amplitudinea mediului în zona de cultură	**Numărul de probe existente în bancă**
	Numărul de criterii de selecție utilizate de agricultori și evoluția gestionării de către aceștia	• Numărul de colecții sau bănci de gene; • Distribuția băncilor de semințe la nivelul țării; • Acoperirea diversității pe grupe de culturi.
Specii sălbatice	**Numărul de specii, subspecii sau subdiviziunile geografice ale taxonilor distribuite în ariile protejate, care acoperă întreaga gamă de condiții de mediu în care se dezvoltă speciile**	**Numărul de specii și subspecii sălbatice, sau subdiviziunile geografice ale taxonilor, rude ale speciilor cultivate care au fost eșantionate în mod corespunzător într-o bancă de gene**
	Abundența ca număr de populații și dimensiune, în special ale speciilor	• Acoperirea gamei de specii

	sălbatice rare, rude ale celor cultivate, arbori forestieri, plante furajere și plante medicinale	
	Diversitate genetică, divergență și distribuire	• Relații evolutive și rezoluție taxonomică
	Pierderea habitatului prin schimbarea destinației terenurilor sau fragmentarea acestora	Viabilitatea probelor, documentația și prezența duplicatelor

Indicatorii principali sunt trecuți în tabel cu litere îngroșate; indicatorii secundari sunt trecuți cu litere normale și sunt numiți indicatori de susținere care ajută la interpretarea valorilor variabilelor primare. Sursa Brown (2008).

4.3.2. Rudele sălbatice

4.3.2.1. Lipsa echivalenței speciilor

Dacă tratăm speciile sălbatice rude ale plantelor cultivate ca entități distincte cum sunt culturile, individualizate, totuși acestea nu formează o singură clasă omogenă.

Principalele probleme care trebuie luate în considerare sunt:

1. Numărul de taxoni implicați poate fi foarte mare. De exemplu, speciile sălbatice, rude ale celor cultivate se estimează că numai în Europa sunt peste 20.000 (Flor et al. 2006).
2. Taxonii pot diferi foarte mult în ceea ce privește importanța lor probabilă pentru ameliorarea rudelor cultivate. Ei diferă, de asemenea, în funcție de importanța lor pentru comunitățile agricole și pentru amelioratori (de exemplu, unele specii sunt esențiale în ecosistemele pastorale, altele în managementul bolilor sau buruienilor).
3. Numărul și starea de conservare a entităților subspecifice, cum ar fi ecotipurile, morfotipurile etc, prezintă foarte mari variații între genuri.

4. Taxonii din orice gen se deosebesc foarte mult în distribuția, numărul, dimensiunea lor și viabilitatea probabilă a populațiilor acestora.

Genul *Avena,* este un exemplu tipic. Unele specii din cadrul acestui gen sunt printre cele mai grave și mai abundente buruieni din lume (*Avena fatua*), alte specii sunt rare și pe cale de dispariție, taxonii fiind limitați în câteva insule (ex. *Avena canariensis* –Insulele Fuerteventura și Lanzarote – Spania) (Murariu D.și Plăcintă D., 2017). La o însumare simplă a tuturor populațiilor sălbatice de ovăz, taxonii rari care prezintă interes sunt pe cale de dispariție. În cazul speciilor autogame sau apomictice se pot multiplica relativ puține genotipuri pe suprafețe mari. Dimensiunea populației la astfel de specii ar putea induce în eroare, atunci când este folosită ca indicator al diversității lor genetice permanente. Pentru însumare, trebuie să ne bazăm pe diferențele genotipice bine definite în mod formal în cadrul speciei (subspecii, morfotipuri, ecotipuri etc.), în ciuda problemelor de recunoaștere a acestora.

Foto 2.3. *Avena canariensis*, Insula Fuertaventura, Spania

Foto 2.4. *Avena fatua*, Loc. Râșca Jud. Alba

De exemplu, dacă folosim ca indicator al gestionării diversității, numărul de morfotipuri din specia *Glycine clandestina* (Pfeil et al., 2001) este mai util decât cunoașterea numărului total de populații existente în cadrul acestei specii.

4.3.2.2. Managemet versus diversitate

Din cauza problemelor enumerate anterior, conform studiilor efectuate de Brown și Brubaker (2002) indicatoriii de estimare a diversității speciilor sălbatice sunt axați pe două aspecte ale managementului acestora și nu pe diversitatea în sine. Primul indicator se bazează pe criza modului de abordare a populațiilor *in situ* și este adresată numai rudelor salbatice rare sau pe cale de dispariție. Agențiile de conservare a diversității naturale au codificat aceste specii cu denumirea de „liste roșii". Indicatorul de management al resurselor „*in situ*" reprezintă pur și simplu proporția unor astfel de elemente, comparativ cu prezența acestora în arii protejate, cum ar fi rezervațiile naturale. Gonzalez-Orozco și colab. (2012) au măsurat diversitatea plantelor de soia perenă găsită în "punctele fierbinți" în rezervațiile din Australia. Al doilea aspect a fost aplicat probelor deținute *ex situ* și a subliniat utilizarea efectivă prin numărul cererilor adresate băncilor de gene pentru obtinerea de resurse genetice sălbatice. Această măsură este, de asemenea, un indicator de gestionare a resurselor, care are scopul de a scoate în evidență importanța colecțiilor și necesitatea susținerii lor continue. Statisticile care arată proporția speciilor și subspeciilor pe cale de dispariție care sunt conservate *in situ*, nu reprezintă totuși măsuri de protecție a diversitățiii genetice.

4.3.2.3. Cuantificarea numerică a diversității genetice

O abordare mai bună pentru măsurarea diversității se bazează pe relația pozitivă de bază între numărul (dimensiunea unei populații sau

eșantion) și diversitatea genetică. Astfel de abordare utilizează ca indicator numărul de taxe subspecifice recunoscute sau numărul de organisme conținute într-un eșantion. Taxonomia subspecifică ar putea merge dincolo de subspeciile descrise formal și ar include ecotipurile, morfotipurile, fragmentele ecogeografice din întreaga gamă de specii, sau oricare grup distinct rezonabil din întregul eșantion din cadrul speciei. În cazul colecțiilor *ex situ*, acest lucru ar reprezenta o listă de specii sau subspecii împreună cu numărul total de probe pentru fiecare taxon.

4.3.3. Cuantificarea colecțiilor de germoplasmă cultivată

Indicatorul folosit pentru gestionarea resurselor genetice vegetale conservate *ex situ* este o funcție a numărului și mărimii colecțiilor de germoplasmă și răspândirea lor între țări. Răspândirea colecțiilor între țări este inclusă deoarece este de dorit să existe o rezervă și să fie o diversitate a culturilor. O cacteristică atractivă a acestei măsuri este faptul că datele istorice considerabile sunt disponibile atât la nivel național, cât și la nivel global. Folosirea indicatorului - numarul de probe dintr-o colecție oferă șansa de a exemplifica beneficiile și capcanele indicatorilor. Interpretarea se poate concentra pe fiabilitatea datelor și rolul pe care îl joacă variabilele, pentru a îmbunătăți interpretarea. S-a acordat și se acordă o importanță deosebită evaluării colecțiilor. Institutul International al Resurselor Genetice Vegetale (în prezent Bioversity International) și FAO au publicat standarde pentru gestionarea colecțiilor băncilor de gene (FAO și IPGRI 1994, 2009).

Cercetătorii de la Banca de Resurse Genetice Vegetale „Mihai Cristea”, Suceava, în perioada 2010-2012 au editat ghiduri pentru colectare, conservare și evaluare a resurselor genetice vegetale, conform standardelor publicate de forurile internaționale sus menționate.

4.3.3.1. Probleme în estimarea numerică, folosită ca unitate de măsură a diversității

În general, două probleme sunt îngrijorătoare în utilizarea numărului simplu de accesări ca un indicator al diversității în colecțiile *ex situ*. Primul este redundanța – suma repetărilor, inclusiv nivelul duplicatelor în cadrul și între colecții și a unei redundanțe inadvertente între probe foarte asemănătoare sau identice. Al doilea este viabilitatea și securitatea probelor. Aceasta include calitatea probelor, în special viabilitatea materialului de înmulțire, frecvența și strategia de regenerare, de depozitare, personalul și securitatea păstrării pe termen lung, a întregii colecții și a securitatii instituției care o găzduiește.

În principiu, fiecare dintre variabilele colecției poate fi tratată ca o pondere sau factor de ajustare și combinare în cadrul unui intreg, pentru obținerea unui "scor" în vederea atașării fiecărei probe la întregul colecției (Holden și colab., 1993). Utilizarea eșantioanelor fracționate la nivelul probei, dimensiunea efectivă a unei colecții poate fi ajustată in functie de variația viabilității, estimată pe baza viabilității subprobelor din cadrul accesiilor și luând în considerare vârsta semințelor de la data achiziției și forma cunoscută a curbelor de viabilitate în funcție de vârsta semințelor. Redundanța poate fi estimată ca o probabilitate de "identitate" pentru denumire sau origine atunci când două probe asemănătoare sunt comparate.

Cu siguranță dimensiunea unei colecții de germoplasmă are mult de a face cu semnificația speciilor de plante. Colecțiile globale foarte mari de grâu, porumb și orez nu constituie o măsură a diversității inerente a acestor culturi. Cu toate acestea, numărul de probe al unui anumit taxon indică diversitatea intraspecifică colectată.

O altă problemă de interes general este efectul sistemului de reproducere al unei specii cultivate pentru evaluarea mărimii totale a colecției ca indicator al diversității. În special, s-ar putea presupune că

colecțiile de plante autogame conțin mult mai puțină diversitate decât colecțiile de specii alogame, dacă ne referim la acest tip de diversitate. Cu toate acestea, la nivelul comparării individuale a probei, reducerea mărimii efective a întregii colecții datorită înrudirii puternice nu poate fi marcată de tipul de reproducere în cadrul unei probe (Frankel și colab., 1995). Întrucât semințele individuale din cadrul unei specii sunt susceptibile de a împărtăși aceeași origine homozigotă, semințele de la diferite probe pot fi înrudite prin hibridarea deliberată în funcție de sistemul de reproducere. În general, autopolenizarea reduce într-o oarecare măsură dimensiunea efectivă (teoretic o înjumătățește), diminuând astfel diversitatea genetică, dar nu printr-o ordine a magnitudinii, cu excepția situațiilor în care acestea sunt însoțite de blocaje severe.

4.3.4. Diversitatea varietală *în situ*

Care sunt indicatorii semnificativi ai diversității genetice pentru populațiile unei specii cultivate, care cresc *in situ* intr-o exploatație, în special aplicabilă soiurilor tradiționale sau populațiilor? Un inventar complet și detaliat al tuturor populațiilor existente în cadrul unei specii cultivate este aproape imposibil. În schimb, trebuie să ne bazăm pe estimări dintr-un eșantion ales din fermă, astfel încât să poată fi fiabil.

Pentru colecatrea datelor despre soiuri se parcurg următorii pași:

1. Se specifică culturile, regiunea și comunitățile, care folosesc aceste culturi ca sursă de bază din care, în mod ideal, se ia din gospodării pentru anchetă un eșantion aleatoriu. Sunt înregistrate numărul și structura fermelor și suprafața cultivată.
2. Se definesc unitățile de diversitate genetică care trebuie evaluate, de exemplu așa-numita „unitate de diversitate gestionată de agricultori" care uneori este soiul cultivat (Sadiki și colab., 2007). Aceasta necesită tehnici participative care cer grupurilor

comunitare de agricultori să fie de acord cu acest tip de gestionare.

3. Se estimează zona ocupată de soi în comunități și în ferme.
4. Se fac calcule statistice sumare, de exemplu, bogăția populațiilor, uniformitatea și neuniformitatea.

4.3.4.1. Perspective generale privind diversitatea populațiilor locale conservate *in situ*

Cele mai multe dintre aceste variabile au fost prezente în studiile efectuate de Jarvis și colab., (2008) la mai multe culture, pentru a obține rezultate cât mai corecte.

Caracteristici remarcabile au arătat că majoritatea fermierilor care au cultivat populații locale, au dorit să cultive o singură populație locală distinctă, alții au cultivat mai multe populații, astfel că agricultorii din aceeași comunitate au avut tendința de a adopta strategii diferite pentru populații. Sunt două tendințe semnificative pentru dezvoltarea indicatorilor:

(1) o relație empirică strânsă între indicele de bogăție și uniformitate (corelații care depășesc 0,90); și

(2) o relație pozitivă apreciabilă între suprafața terenului agricol și diversitate.

Aceste rezultate sunt importante din două motive. În primul rând, sunt urile informațiile privind suprafața terenului fermei (sau dimensiunea populației) în cadrul fiecărei culturi, cultura, condițiile de mediu, deși sunt niște indicatori indirecți, reprezintă indicatori comparabili pentru diversitatea genetică a fermei. În al doilea rând, indicele de uniformitate esteun bun estimator al bogăției diversității. Indicele de uniformitate (h) este evaluabil în eșantioane relativ mici, deoarece aceștia converg cu valoarea populației adevărate, în timp ce bogăția diversității nu atinge valoarea populației iar populația este cuantificată ca un întreg.

4.3.4.2. Varietățile locale, a căror denumire aparține agricultorilor

Statisticile bazate pe varietățile locale denumite de agricultori sunt discutabile ca măsuri valabile de diversitate genetică. De exemplu, Nuitjen și van Treuren (2007) solicită prudență și pun la îndoială validitatea acestora, atunci când listele includ omonime sau sinonime sau când sunt discrepanțe sau inconsecvențe minore la nivelul AND-ului între denumirile soiurilor și genele pe care le conțin. În mod evident, denumirile varietăților locale pot fi evaluate rapid pe baza unei eșantionări extinse, care permite testarea lor pentru distribuirea diversității.

Multe decizii manageriale ale fermierilor sunt luate la nivel varietal, și multe tipuri de selecție (cum ar fi climatul, solul, altitudinea, durata de maturizare) funcționează pe întregul câmp. Prin folosirea unei varietăți locale care are reputație de toleranță într-o situație stresantă, agricultorii consolidează atributele acesteia, pe care o recunosc ca unitate a diversității.

În mod ideal, acest lucru este valabil nu numai în cadrul comunităților, ci și al spațiului temporal mai larg. O problemă pentru indicatorii de eroziune genetică este problema identificării alelelor comune la nivel local care sunt importante pentru adaptare. Tehnicile moleculare au un rol decisiv în evaluarea unicității acestor alele în probele testate. În plus, amprentarea moleculară a unui eșantion din cadrul unei varietăți ar putea măsura, în principiu, scăderea proporțională a diversității genomice.

O astfel de abordare presupune evaluarea semnificativă a diferențelor observate în ratele de diminuare a diversității moleculare. Pentru vulnerabilitatea genetică, este important să adăugăm date privind performanța la rezistența la factorii de stres biotic și abiotic, atunci când se măsoară omogenitatea varietății respective.

4.4. Eroziunea genetică a genotipurilor locale

Eroziunea genetică este procesul de pierdere a unei părți din fondul de gene al unei specii într-o anumită regiune. Aici, folosim termenul în sensul de a pierde în mod special alele sau pierderea de genotipuri, subspecii sau soiuri, în timp ce recunoaștem că unii specialiști îl folosesc pentru a descrie doar dispariția speciilor. Conceptul de bază este epuizarea diversității genetice. Maxted și Guarino (2006) menționează că eroziunea genetică este "reducerea permanentă a diversității (sau uniformitatea) din alelele locale uzuale sau pierderea combinațiilor (locale) de alele în timp, într-o zonă definită". Concentrându-se pe alelele care sunt destul de frecvente la populații, această definiție subliniază aspectul de adaptare locală. Modificările în uniformitate, fără nici o pierdere a diversității, sunt puțin probabile pentru că uniformitatea și diversitatea corelează numai teoretic (Jarvis et al., 2008). Un indicator al diversității ar trebui să răspundă la următoarele probleme (M.R.Ahuja și colab, 2015):

(1) Este greu de estimat și de calculat eroziunea genetică la diferite specii, populații, areale sau habitate;

(2) Schimbările ce apar ar putea masca modificările importante, atunci când se însumează locii, genotipurile, populațiile sau speciile. De exemplu, pierderea a câtorva alele sau a unui locus a microsatelitului polimorfic este posibil să aibă importanță sau sa nu aibă deloc importanță în comparație cu pierderea alelelor de rezistență la boli;

(3) Accentul pe combinațiile de alele poate fi confuz în cazul speciilor sexuate în care genomul multiloc al unui individ este unic și efemer. Astfel, atunci când un anumit procent de clone distincte sau genotipuri s-au pierdut dintr-o regiune sau de la o specie, aceasta nu este neapărat eroziune genetică. Viața fiecărui genotip este finită la speciile care se reproduc sexuat, deși

înmulțirea vegetativă ar putea prelungi această viață (cum ar fi cultivarele de pomi fructiferi). O reducere a mărimii populației și nu o creștere a recombinării, este agentul principal al eroziunii.

(4) Mai presus de toate, este nevoie de modalități practice de monitorizare a eroziunii genetice, astfel încât să fie clar când și unde apare.

Fiind un proces, eroziunea genetică este dificil de cuantificat într-un indice. A monitoriza modificările ratei de eroziune genetică necesită strict măsuri de control în anumite momente. Alternativ, este posibil să poată fi măsurați agenții majori de eroziune (de exemplu, deteriorarea sau distrugerea habitatului datorită urbanizării, curățirii terenurilor, supra-pășunatului, salinizării, secetei, schimbărilor climatice). Cu toate acestea, astfel de măsuri indirecte sunt foarte ample și au și alte efecte mai profunde decât pierderea diversității.

4.4.1. Eroziunea genetică în retrospectivă și perspectivă

Măsurile relevante de reducere a eroziunii genetice vor include adesea o evaluare subiectivă pe baza expertizei și a cunoștințelor locale privind semnificația oricărei pierderi.

Multe dintre informațiile adunate până acum sunt descriptive, folosindu-se stilul narativ al opiniei experților locali. Rezumând aceste povestiri despre culturi sau regiuni sau perioade de timp, necesită conversia lor în estimări cantitative, care reprezintă o provocare semnificativă. Ar trebui să adoptăm o procedură care să poată privi înapoi (retrospectiv) sau în viitor (perspectiv). În cel de-al doilea caz, cercetătorul are în fața lui un fond de gene care conține o anumită variație și-și pune întrebarea cu privire la proporția rămasă a diversității care o cunoaște sau presupune ca ar fi fost prezentă acum un deceniu. Estimarea bogăției diversității care a existat anterior ar trebui să se bazeze pe cât mai multe dovezi posibile. Alternativ, o viziune predictivă

sau de perspectivă ar putea fi potrivită. În acest caz, două estimări sunt esențiale pentru orice caz de eroziune genetică raportată:

1. O măsurare a importanței pierderii fondului genetic în cauză, care este abordată prin estimarea gradului de diversitate existent în cadrul populației. Aceasta ar putea, la rândul său, să se bazeze pe suprafața cultivată sau pe numărul de soiuri sau populații, fiind folosit indicile de uniformitate (h = 0,20), care poate fi un estimator al proporției întregii diversități (în acest caz, bogăție alelică) care este comună (Brown și Hardner 2000). Să presupunem că 20% din suprafață sau din soiuri sunt considerate a fi la risc. Dacă folosim indicile de uniformitate atunci 4% din diversitatea genetică a speciei este pusă în pericol (0,2 × 20% =4%) (M.R.Ahuja și colab, 2015).
2. S-au folosit 5 clase de pierdere a diversității genetice, pentru o perioadă de timp definită – în cazul de față, un deceniu:

   Clasa C = pierdere aproape sigură (Pierdere > 90%);
   Clasa L = pierdere probabilă (Pierdere > 50%),
   Clasa U =pierdere puțin probabilă, dar amenințarea este încă reală (Pierdere<50%),
   Clasa V = pierdere foarte puțin probabilă (Pierdere<10%).

Ambele metode sunt estimări subiective, dar în mod ideal ar putea fi bazate pe cunoașterea locală a culturilor și amenințările care pot să apară. Oricare date de sondaj existente pot fi utilizate pentru a susține estimările. În cele din urmă, eroziunea previzibilă este estimată ca proporția resursei genetice amenințate de eroziune, înmulțită cu probabilitatea de estimare a pierderii.

Studiile de perspectivă se confruntă cu problema modului de a anticipa climatul viitor și răspunsurile viitoare ale populațiilor de plante. Pe de altă parte, studii retrospective multe dintre ele nu conțin informații exacte despre diversitatea existentă în trecut. Ele pot fi, de asemenea,

supuse prejudecății de a nu ști ce populații au dispărut complet, nefiind informații clare despre existența lor anterioară.

În două studii în care populațiile locale au fost disponibile atât la începutul studiilor cât și la finalul lor, s-au obținut informații care par să contracareze anticipările. Teshome și colab. (2007) au reluat evaluarea a 260 de probe de sorg în cinci comunități din Etiopia. Ei au descoperit că dimensiunea medie a câmpului a scăzut cu 50%, dar cu o schimbare puțin evidentă în bogăția populațiilor din câmp. Bezancon și colab.(2009) au evaluat diversitatea populațiilor de sorg și mei din 79 de sate din Niger, în urmă cu 26 de ani. Ei nu au descoperit o scădere a diversității, numărul de soiuri cultivate dublându-se chiar, la ambele culturi. Au notat o consistență redusă în denumirea "noilor soiuri" care ar putea proveni din redenumirea celor anterioare, "din motive etnice". Ambele studii au adus un omagiu perseverenței argricultorilor în alegerea criteriilor de selecție pentru menținerea diversității.

4.4.2. Eroziunea genetică de la narativ la estimare numerică

Sarcina de bază în estimarea valorilor eroziunii este de convertire a unor descriptori narativi ai statutului unor fonduri genetice diferite în numere care pot fi comparate în timp și între cazuri. Tabelul 4.2 (Brown, 2008) prezintă câteva exemple din baza de date FAO a acestui proces. În plus față de cele două variabile ale eroziunii, câțiva parametri au specificat spațiul de eșantionare geografică și cele trei categorii de însumare: tipul de gestionare (specii cultivate versus specii sălbatice, specii folosite versus specii neutilizate), nivelul taxonomic al pierderii și tipurile majore de amenințare. Pe măsură ce rapoartele însoțite de informații se acumulează în baza de date, în timp, este posibil să se rezume tendințele ratelor estimate ale eroziunii realizate sau ratele de eroziune predictibile, în perspectiva diferitelor categorii de cultură, datorită diverșilor agenți fizici, în decursul unui deceniu. Indicatorul de eroziune reprezintă proporția variabilelor (alele, genotipuri sau populații)

pierdute sau susceptibile de a fi pierdute într-un anumit moment. Aceste estimări pot fi combinate ca medii ponderate sau neponderate.

Tabelul 4.2

Măsurarea eroziunii genetice: exemple referitoare la estimările cantitative ale ratei eroziunii, pe baza rapoartelor de sondaj

Variabila	**Descriptorul**	**Exemple**			
Anul	Anul când s-a efectuat studiul	1998	2001	2001	Necunoscut
Regiunea		Insulele din Pacific		Caucaz	Insulele din Pacific
Țara		Ecuador	Fiji	Azerbagian	Fiji
Aria de răspândire	Regiunea geografică de observație	3 provincii	4 provincii	5 provincii	4 provincii
Grupul de culturi și tipul de management	Cereale, leguminoase pt. boabe, pomi fructiferi, rădăcinoase, legume, specii sălbatice utilizate direct	Specii sălbatice utilizate	Rădăci-noase	Pomi fructiferi	Pomi fructiferi
Taxonul	Numele taxonului	*Vasconcella*	*Colocasia*	*Prunus avium*	*Cocos nucifera*
Entități sau taxoni amenințați	Genuri, specii, subspecii, cultivare sau populații (număr)	2 subspecii	28 cultivare	2 cultivare	4 cultivare
Fracțiunea amenințată	Proporția din numărul total	2 din 7 = 0,29	28 din 112=0,26	2 din 8 = 0,25	4 din 14 = 0,29
Probabilitate de pierdere (indice IUCN)*	Probabilitatea de pierdere în situația actuală, fără intervenție (timp de un deceniu)	0,95	0,50	0,95	0,05
Eroziunea predictibilă **	Proporția de resurse x probabilitatea de pierdere	0,28	0,13	0,24	0,015
Tipuri de amenințări	Soiuri noi; alte specii; Schimbări abiotice și biotice	Pierderea terenului agricol	Varietăți noi	Varietăți noi	Varietăți noi

	majore; pierderi de terenuri agricole, pierderi de habitat sălbatic				
Sursa de informare	FAO	www. pgrfa.org	www. pgrfa.org	www. pgrfa.org	www. pgrfa.org

***** Clasele de estimare a pierderilor: Aproape sigur (P> 90%), Probabil (P> 50%), puțin probabil, dar amenințarea este încă reală (<50%, dar> 10%), foarte puțin probabil <10%).

****** Eroziunea predictibilă = proporția de resurse x probabilitatea depierdere x 0,20 (factorul h).

Cele patru elemente esențiale ale procedurii de determinare a ratei eroziunii sunt:

1. Specificarea bazei de eșantioane care face obiectul deducției;
2. Estimarea diversității prezentate anterior datei monitorizării;
3. Estimarea mărimii sau fracțiunii diversității expusă riscului;
4. Estimarea probabilității apariției pierderilor.

Ipotezele și problemele cheie ale acestui model sunt următoarele:

- Diversitatea este uniform răspândită (în general, "punctele fierbinți" sunt foarte sigure);
- Probabilitatea de pierdere nu poate fi estimată retrospectiv, deoarece taxonul cunoscut este prezent în momentul respectiv;
- Fracțiunea de diversitate "localizată" va influența creșterea procentului resurselor genetice amenințate.

4.4.3. Rolul markerilor moleculari

Există câteva estimări "cvasi-cantitative" ale eroziunii genetice, după cum se subliniază în general în studiile privind resursele genetice vegetale expuse riscului (Wouw și colab., 2009). Cu toate acestea, sunt multe nelămuriri privind dinamica diversității care stă la baza acestor schimbări, în modul de utilizare al populațiilor de către fermieri și înlocuirea acestora cu varietăți moderne, ameliorate.

În mod evident, noile tehnologii oferă o precizie sporită a estimării diversității genetice și înțelegerii structurii sale în populații. Tehnicile moleculare au puterea de a monitoriza variațiile genetice la nivelul secvențelor de ADN. Acestea oferă un câștig fundamental în cunoașterea genetică; nu numai că este posibil pentru a dovedi că doi indivizi sau două copii genice diferă, dar pot fi plasate într-o ierarhie filogenetică a relațiilor pe baza recentei lor împărțiri a strămoșilor. Odată ce acest lucru este posibil să se realizeze, diversitatea filogenetică a colecției poate fi estimată (Crozier, 1997). Ele au un rol evident în domeniul indicatorilor genetici (Brown și Brubaker 2002; Brown 2008). Tehnicile moleculare au, prin urmare, un rol secundar, dar, totuși, important în dezvoltarea indicatorilor. Acestea permit o apreciere mai aprofundată a recunoașterii taxonilor și, prin urmare, furnizarea unor informații reale despre unitățile de diversitate care sunt monitorizate la nivel de fenotip. Modificările secvențiale introduc o perspectivă temporală a relațiilor evolutive și în același timp are loc măsurarea proceselor evolutive cum ar fi sistemele de migrație și de reproducere.

De-a lungul timpului au existat un număr tot mai mare de studii care au utilizat markerii genetici (alloezime, AFLP, microsateliți, SNP) și caracterele morfologice, cu statistici variate pentru evaluarea eroziunii genetice. În tabelul 4.3 este prezentată o listă cu studii recente care au utilizat date despre genele marker pentru evaluarea eroziunii genetice la plantele de cultură. În aceste studii, a apărut o diferență între ipotezele eroziunii așteptate din statisticile varietale sau morfologice, pe de o parte și nivelurile sau modelele diversității markerilor moleculari, pe de altă parte. Studiile au analizat diversitatea totală și cea comparativă în cadrul soiurilor moderne. Acestea nu pot cuprinde pierderea anumitor alele sau caractere, în special a celor care ar putea exista în momentul deplasării populațiilor.

Să presupunem că, de-a lungul timpului, datele despre genele marker sunt disponibile pentru diversitate în interiorul și între aceste

populații. Putem combina clase statistice varietale sau morfologice cu estimări ale identității moleculare? Bonneuil și colab. (2012) au construit un indicator al diversității genetice a culturilor care au drept scop determinarea bogăției varietale, uniformitatea, între varietăți și în interiorul acestora. Abordarea lor folosește statisticile despre genă ale lui Nei, atât în cadrul populațiilor cât și între populații. Aceasta include diversitatea deoarece, așa cum am remarcat, diversitatea este legată de măsurile de identitate genetică. Astfel, aceasta poate oferi o măsură rezumativă bună pentru urmărirea eroziunii, deoarece dă și mai multă importanță locilor care oglindesc diferențele între populații (adică, loci cu alele comune locale). Autorii au folosit microsateliții la soiurile de grâu cultivate în Franța, pe Valea Loirei din 1878, și au comparat tendințele datelor statistice de diversitate ale celor cinci soiuri. Rezultatele au furnizat dovezi contradictorii de eroziune. Numărul de soiuri părea constant, aproximativ 10 de ani, dar timp de un secol, în ultimele două decenii a atins brusc niveluri noi. Indicatorul construit de Bonneuil care încorporează măsuri de identificare a genei marker, a scăzut de la un istoric maxim de peste 1,0 la jumătate, valoare care pare relativ stabilă începând cu anii 1960.

Tabelul 4.3.

Exemple recente de monitorizare a eroziunii genetice

Specia/sistemul regional de ameliorare	**Modul de monitorizare**	**Gene**	**Indicatori de diversitate**	**Concluzii cu privire la schimbările în timp**	**Autorii**
Ameliorarea porumbului/ Franța	Catalogul soiurilor; 1990 de linii consangvinizate grupate timp de 5 decenii	34 caractere morf. 17 loci	Indexul Nei al diversității individuale pentru loci și clase morfologice	Nu au fost schimbări temporale ale genelor sau ale caracterelor morfologice	Le Clerc și colab., (2006)
Ameliorarea mazărei/Franța	Catalogul soiurilor; 578	61 de caractere	Indexul Nei al diversității	Nu au fost schimbări	Le Clerc

	de linii grupate timp de 5 decenii	8 loci	individuale pentru loci și clase morfologice	temporale ale genelor sau a caracterelor morfologice	și colab., (2006)
Ameliorarea salatei/Franța și Olanda	878 de soiuri listate în 225 de cataloage oficiale ale Franței și Olandei, de la mijlocul secolului 19	100 Soiuri caracteri zate molec. (AFLP)	Indexul Nei al diversității	1960 de companii de producere de semințe, soiuri îmbunătățite conform regulilor UPOV Diversitatea cultivarelor a crescut de patru ori	van de Wouw și colab.,. (2013)
Ameliorarea grâului dur/Italia	158 de probe de la Banca de Gene în 5 perioade de ameliorare, înainte de 1915 până în 1970	-Gliadine - 10 loci SSR	Bogăția alelelor și diversitatea Nei a genelor	Declinul scăzut al diversității	Figliuolo și colab., (2007)

4.5. Vulnerabilitatea genetică

Întrucât eroziunea genetică este un aspect cheie al dinamicii diversității în timp, fenomenul de vulnerabilitate genetică rezultă din modele de desfășurare sau de sărăcire a diversității genetice în spațiu. Se spune că populația unei specii cultivate poate fi vulnerabilă genetic dacă nu dispune de diversitatea necesară pentru a se adapta la un factor de stres biotic sau abiotic, care se poate intensifica. Conceptul de vulnerabilitate implică o lipsă sau un nivel scăzut de diversitate genetică, adesea prezent în cazul folosirii într-o anumită regiune a monoculturii sau a aceluași soi mai mulți ani. Dacă o plantă cedează la o nouă boală, la un nou biotip sau la o nouă condiție extremă a climatului, toate câmpurile din regiune răspund la fel, din cauza patrimoniului genetic

similar, în special pentru genele implicate în sensibilitatea speciei respective. Conceptul de "vulnerabilitate" se poate aplica la întreaga gamă de situații adverse care rezultă din precaritatea sistemelor vii. Se poate argumenta că, pentru ca vulnerabilitatea să fie "genetică", este necesar ca alte soiuri sau populații care există în altă parte și conțin gene de rezistență sau de toleranță, ar determina o scădere moderată a productivității dacă acestea ar fi prezente. Astfel, conceptul de vulnerabilitate genetică ar trebui să depășească simpla uniformitate genetică în sine. În mod ideal, vulnerabilitatea genetică ar trebui să adauge noțiunea de interacțiune genotip × mediu, adică, nu toate genotipurile (și în special nu toate populațiile sau soiurile din alte regiuni) cedează la fel de ușor ca populațiile sau soiurile din țara de origine față de amenințările ce apar în câmp (de exemplu: producătorii români din Câmpia Bărăganului reclamă că soiurile de legume importate nu sunt rezistente la seceta puternică din timpul verii și în ultimii ani au revenit la soiurile de legume autohtone).

Datorită lucrărilor de ameliorare desfăşurate la Fundulea, a crescut diversitatea sortimentului de soiuri de grâu cultivat în ţară, ceea ce reduce vulnerabilitatea genetică a culturii, contribuind la stabilitatea recoltelor. Perfecţionarea continuă a metodelor de testare a reacţiei la boli a materialului de ameliorare a permis obţinerea unui progres semnificativ în privinţa rezistenţei la boli a soiurilor de grâu lansate de Institutul de la Fundulea. Dintre soiurile semipitice create la Fundulea cea mai mare răspândire (peste 10% din suprafaţa de grâu) au avut-o succesiv soiurile Fundulea 133, Flamura 80, Fundulea 4, Flamura 85 şi Dropia, iar după anul 1995 au fost înregistrate şi introduse în producţie noi soiuri valoroase de grâu de toamnă ca: Ardeal 1, Boema, Delabrad, Faur, Glosa, Gruia etc., aflate în în curs de extindere (*ICDA Fundulea, aniversare 60 de ani, 2017*).

Foto 4.1. Câmp de ameliorare grâu, ICDA Fundulea (2016)

Indicatorii de vulnerabilitate genetică ar trebui să includă:

1. Estimarea lipsei diversității genetice, în special pentru genele de rezistență care afectează răspunsul plantei gazdă la majoritatea bolilor ce pot să apară;
2. Estimarea diversității reduse a interacțiunilor gazdă-patogen și răspunsurile diferențiate la diferite biotipuri, cu o anumită structură spațială.

Întâi se analizează indicatorii de vulnerabilitate genetică la provocările biotice și apoi se evaluează extinderea acestora la factorii abiotici de stres, cum ar fi schimbările climatice.

4.5.1.Tipuri de vulnerabilitate genetică

În tabelul 4.4 sunt enumerate patru tipuri de vulnerabilitate genetică în care pot fi încadrați indicatorii diversității. Primul dintre aceștia este omogenitatea genetică. Pierderea diversității în arealul de cultură duce la creșterea vulnerabilității. Strict vorbind diversitatea ar trebui să se refere la genele care determină răspunsul plantei la boli. Este insuficient să fie un număr mare de soiuri pe aceași suprafață de teren dacă acestea au aceleași gene de rezistență. Așa s-a întâmplat în SUA, unde androsterilitatea citoplasmatică a fost folosită la majoritatea hibrizilor de porumb, ceea ce a dus la vulnerabilizarea acestora la *Helminthosporium maydis,*dar care odată descoperită cauza sensibilității a dus la înlăturarea acesteia, lucru foarte util pentru cei care au creat hibrizi de porumb după această perioadă.

4.5.1.1. Indicatorii vulnerabilității genetice: diversitatea și uniformitatea.

Indicatorul pentru primul concept de vulnerabilitate genetică (tabelul 4.4) este diversitatea varietală, cuantificată atât ca abundență (numărul soiurilor din fiecare cultură; abundența este redusă dacă soiurile au însușiri similare) cât și ca uniformitate (cuantificată prin indexul de uniformitate). Calculul celei din urmă, necesită estimări ale suprafeței cultivate cu fiecare soi. Numărul mare de soiuri implică faptul că există multe opțiuni varietale viitoare, la îndemână, și sămânță disponibilă pentru necesități viitoare. Abundența implică asigurarea speciei împotriva evoluției patogene. În unele cazuri, abundența este ridicată, dar o mare parte din areal este cultivat cu un soi dominant. Când soiul dominant este atacat de un biotip al unei boli, pierderile vor fi pentru câteva sezoane până când soiurile rezistente sunt multiplicate și pot fi folosite. Un pericol suplimentar inerent în acest model de desfășurare a diversității varietale este că soiul dominant susceptibil poate permite acumularea unor cantități mari de inocul de patogen cu o probabilitate crescută de evoluție a virulenței asupra acestuia. Pe de altă parte, uniformitatea ridicată (lipsa dominanței) implică diversitate în rezistență care deja este dezvoltată pentru a face față unui nou stres și așa ar putea fi salvat fermierul de o pierdere severă, imediată. Prin urmare, uniformitatea esteun indicator mai bun al vulnerabilității genetice scăzute decât abundența.

4.5.1.2. Vulnerabilitatea mutațională

Cel de-al doilea tip de vulnerabilitate (tabelul 4.4), vulnerabilitatea mutațională, reprezintă o nouă concepție, aceia de mutație de virulență într –un organism dăunător. În mod strict vorbind, proprietățile patogene ale unui viitor mutant virulent sunt necunoscute.

O abordare a măsurii cantitative este de a testa răspunsurile cultivarului la un eșantion aleatoriu de patotipuri izolate, distincte sau definite. Din aceste date este posibil să se calculeze probabilitatea de infecție sau nivelul mediu de deteriorare cauzat de izolatele nonlocale.

Tabelul 4.4.

Indicatorii vulnerabilității genetice (M.R.Ahuja și colab, 2015)

Conceptul de vulnerabilitate genetică	Măsuri teoretice	Indicatorul utilizat
1) Omogenitatea genetică – culturile permanente sunt formate dintr-un singur genotip sau din câteva soiuri sau genotipuri	Diversitatea rezistențelor în populația gazdă. Abundența diversității reprezintă o diversitate care este ușor folosită și la îndemână. Uniformitatea diversității sau dominanța scăzută indică diversitatea care răspunde numai populației actuale de patogeni	Numărul de soiuri de la fiecare cultură prezente în fermă sau într-o regiune - Indicele de evoluție - mai important pentru vulnerabilitatea la boală.
2) Vulnerabilitatea mutațională – culturile permanente, prezintă genotipuri care răspund la o singură mutație a agentului patogen pentru virulență	Fracțiunea de patotipuri nelocale care poate ataca aleatoriu o plantă.	Probabilitatea unei boli (sau efectul unei afecțiuni cantitative) atunci când este testat cu un set de izolate experimentate distinct
3) Vulnerabilitatea migrației – cultura permanentă prezintă genotipuri locale rezistente, dar care devin susceptibile la o nouă tulpină migrată de la un agent patogen	Probabilitatea ca propagarea aleatorie a unui agent patogen migrant va reuși să provoace o boală la plantele sănătoase ale populației în cauză. Aceasta presupune că, condițiile de mediu sunt favorabile agentului patogen și se calculează prin integrarea interacțiunii frecvenței anumitor cazuri compatibile (bolnave) dintre tulpinile bolilor străine pe genotipurile locale. În mod ideal, statistica este de asemenea ponderată de frecvența relativă a patotipurilor.	Proporția de plante bolnave când se cultivă în medii predispuse la boli
4)Vulnerabilitatea mediului –cultura prezintă genotipuri adaptate la mediul abiotic actual (climat, sol), dar în timp își pierde adaptabilitatea dacă intervin schimbări climatice bruște.	Factorii de stres abiotic determină epuizarea varietăților locale în raport cu performanța soiurilor care prezintă toleranță la stres, dar care în condiții extreme pot să ducă la compromiterea lor.	Sensibilitatea relativă a varietăților locale atunci când sunt cultivate în areale cu condiții climatice extreme. Pierderea proporțională a suprafeței de cultură a anumitor varietăți ca urmare a creșterii suprafețelor regiunilor neospitaliere datorită schimbărilor climatice

Scorurile pentru fiecare patotip nu sunt ponderate de frecvența de apariție a patotipului. Indicatorul reprezintă astfel probabilitatea unei boli (sau a efectului negativ măsurat cauzat de o boală) în condiții diferite de mediu. Evident, acest indicator necesită măsurarea experimentală, în esență evaluarea performanței unui eșantion reprezentativ de material genetic local în condiții de mediu străine. Mulți amelioratori, în mod obișnuit, efectuează studii pentru mai multe situații privind prezența bolilor și dăunătorilor în culturi, dar datele sunt dispersate și rareori sintetizate. Insumarea mediilor ponderate pentru fiecare soi individual sau varietate, în funcție de frecvența actuală a soiurilor din fiecare fermă dintr-o anumită regiune, ar putea oferi o imagine sintetică a vulnerabilității mutaționale. Coerența tehnică a abordării este evident necesară pentru compararea estimării în timp și în diferite locații (M.R.Ahuja și colab, 2015).

4.5.1.3. Vulnerabilitatea migrației

Ideea din spatele recunoașterii vulnerabilității migraționale este diferită de cea a vulnerabilitatii mutației, care împarte riscurile viitoare în două categorii. Definirea agentului actual de risc specific în cazul mutației este practic imposibil. Natura unui nou patotip mutant al unei boli (spectrul de virulență sau agresivitate), în viitor nu poate fi cunoscut cu certitudine. Prin urmare, nu putem face teste speciale pentru diversitatea genetică pentru a răspunde unei posibile provocări viitoare. Singura strategie pentru riscurile necunoscute este de menținere a cât mai multor diversități. Pe de altă parte, vulnerabilitatea migrațională se referă la presiuni care în prezent lipsesc în condițiile de mediu locale, dar sunt previzibile în mod inevitabil, ca urmare a unei surse străine, în viitorul apropiat sau îndepartat, dar care nu poate fi verificată, de exemplu, patologia patotipului Ug99 de la rugina grâului (Singh și colab., 2006).

4.5.1.4. Vulnerabilitatea condițiilor de mediu

Factorii de sters abiotic care apar din modificările prelungite unidirecționale în mediul fizic, cum ar fi încălzirea globală, creșterea aridității regionale sau creșterea variabilității climatice reprezintă o altă amenințare la adresa producției vegetale. Schimbările de mediu care apar în ferme, în timp, se aseamănă cu amenințările datorate invaziei organismelor dăunătoare de tulpini virulente cunoscute (de exemplu, Ug99 la grâu). Prin scurtarea perioadei de vegetație a populatiilor locale de mei din Nigeria s-a depașit stresul determinat de ariditatea foarte crescută. Acest exemplu evidențiază importanța diversității specifice alelice adaptive în populațiile aflate în cultură, care determină schimbări evolutive majore (Vigouroux și colab., 2011). In exemplu prezentat s-au comparat probe de mei din anul 1976 cu probe din 2003, evidențiindu-se adaptarea prin intermediul unei frecvențe crescute a alelei timpurii a înfloririi (locusul PHYC) fără nici o schimbare generală a nivelului diversității genetice a principalelor varietăți de mei. Ca și în cazul stresului biotic, gradul de vulnerabilitate la amenințările viitoare poate fi măsurat experimental prin performanța sau răspunsul unui eșantion local de soiuri la o presiune specifică. Valorile impactului probabil al mai multor riscuri separate asupra productivității ar putea fi apoi integrate, printr-o estimare a probabilității fiecărei amenințări (M.R.Ahuja și colab, 2015).

4.5.2. Testarea în afara amplasamentului - măsurarea interacțiunii G × M

Se pare că este aproape imposibil să se facă o analiză sistematică, detaliată a riscurilor genetice pentru estimarea vulnerabilității. Necesitatea de a încerca astfel de calcule rezultă din limitarea estimării bogăției diversității varietăților. După cum s-a

menționat la începutul acestui capitol, conceptul unificator care stă la baza vulnerabilității genetice reduse este cunoașterea interacțiunilor diversității. Acest lucru poate fi măsurat în mod satisfăcător prin instrumentele de analiză a interacțiunii genotip x mediu (G × M). În ameliorarea plantelor acest fenomen totuși rămâne însă de investigat. În acest caz, "genotipul" reprezintă suita de soiuri disponibile iar "mediul", diferitele populații patogene sau nivelurile de stres abiotic. Situațiile de vulnerabilitate genetică scăzută se obțin atunci când sunt evidențiate componentele G x M pentru o mare parte din varianța generală a performanței, în special atunci când diferite soiuri sunt rezistente sau funcționează mai bine în diferite condiții de stres.

4.6. Recomandări finale privind estimarea eroziunii genetice

Indicatorii au un rol clar în managementul diversității genetice a plantelor de cultură și a desfășurării acesteia în interiorul comunităților rurale și între comunități.

Indicatorii sunt necesari pentru a ghida deciziile privind utilizarea și conservarea diversității genetice și pentru atenționări acolo unde există probleme privind pierderea diversității în timp și a productivității care este tot mai vulnerabilă la schimbările ecologice. Având în vedere principalii indicatori ai diversității, este important să se dezvolte un set de indicatori auxiliari care să testeze fiabilitatea măsurilor primare. Aceștia ar putea varia de la informații de bază privind populația sau istoricul ecologic din zona țintă, pe de o parte, și analize în profunzime de markeri ADN pe de altă parte. În special pentru eroziunea genetică, care este un proces în timp, sunt necesare metode explicite care trebuie să includă mai multe date subiective și opinii ale experților pentru măsurarea acesteia.

Sistemele de cultivare din fiecare țară și tendințele sunt atât de variate încât pot să contrazică simple declarații generale (cum ar fi o

pierdere globală a diversității la principalele culturi în anii ‘60). Avem nevoie de meta-analize de date, bazate pe multe astfel de cazuri încât să se identifice unde și când eroziunea genetică este o problemă serioasă și semnificativă și care sunt factorii care determină acest fenomen. Pentru astfel de analize valoarea indicatorilor va fi crucială.

Deciziile majore de gestionare trebuie să fie luate, și într-adevăr să fie realizate. Astfel de decizii pot invoca criterii de diversitate, de exemplu, salvarea pe cale de dispariție a unor fonduri de gene. Sarcina noastră este de a decide cu privire la cele mai bune măsuri care să asigure în continuare cele mai importante rezultate. Există o nevoie clară pentru analiza indicatorilor propuși și pentru testarea lor cu baze de date adecvate.

CAPITOLUL 5

DIVERSITATEA GENETICĂ ȘI AMELIORAREA PLANTELOR

5.1. Introducere

Lipsa acută a diversității germoplasmei duce în mod inevitabil la numeroase consecințe nedorite, inclusiv un potențial redus al ameliorării capacității de producției la plante, crește susceptibilitatea la dăunători și la boli, potențial redus de adaptare la schimbările climatice, instabilitatea producției agricole și în final pierderea resurselor genetice (FAO 1997, 2010; Brown-Guerdia și colab. 2000).

Ameliorarea modernă a plantelor a fost apreciată ca o contribuție la reducerea diversității genetice în agricultură (Vellve 1992; Clunies-Ross 1995). Cele mai multe informații se referă la renunțarea la populațiile locale și folosirea varietăților moderne, utilizând date îndoielnice; de exemplu, numărul de soiuri create au prioritate, comparativ cu datele privitoare la diversitatea genetică *per se* (Meul et al., 2005). Orice discuție despre diversitatea genetică în agricultură este lipsită de sens dacă nu se iau în considerare câștigurile genetice de productivitate.

Datorită câștigului genetic soiul contribuie de la 50 până la 88% din producție, (Duvick 2005; Mackay și colab., 2011; Smith și colab., 2014a, b). În Statul Iowa, din SUA contribuția câștigului genetic la creșterea productivității a fost de 79% în perioada 1930 - 2011 (Smith și colab., 2014a). Realizarea câștigului genetic depinde de accesul la un management eficient al diversității genetice, contribuind la cantitatea și calitatea producției agricole. Creșterile

viitoare de producție se pot realiza prin câștig genetic și printr-un management durabil al culturilor. De exemplu, BBSRC (2011) afirmă că: "Producția totală de grâu in viitorii 50 de ani trebuie să depășească ceea ce s-a produs anterior în ultimii 10.000 de ani."

Amelioratorii de plante ar trebui să fie solicitați să contribuie într-o proporție mai mare la creșterea productivității plantelor, mai ales acolo unde producția este în declin. Lipsa unei diversități genetice utile și bine adaptată la condițiile ecologice locale, va submina contribuția amelioratorilor pentru a atinge aceste obiective importante pentru societate.

5.2. Câștigul genetic și creșterea productivității plantelor

Cercetătorii au constatat că succesele obținute în creșterea productivității plantelor este motivată de descoperirile remarcabile obținute în mai multe domenii ale științei din care remarcăm genetica, ameliorarea plantelor, fiziologie, entomologie, fitopatologie și alte discipline apropiate de acestea.

Ameliorarea plantelor s-a dezvoltat prin activitatea laborioasă a cercetătorilor, începând cu secolul XX. Până în anul 1900 genetica nu s-a situat pe drumul care să le permită amelioratorilor să obțină cunoștințe temeinice, despre cine controlează trecerea anumitor caractere de la o generație la alta.

Crearea cultivarelor moderne, superintensive, a fost posibilă datorită descoperirilor efectuate în identificarea a noi surse de germoplasmă, iar pe de altă parte progreselor revoluționare obținute în manipularea genelor, prin biotehnologii moleculare și celulare.

Producțiile mari obținute la toate speciile pot fi recunoscute prin numeroasele genotipuri nou create, a căror nivel de producție ridicat, confirmă progresele făcute în genetică și ameliorarea plantelor.

Analizând istoria ameliorării grâului, Săulescu (1994) arată că „ameliorarea grâului a reușit în mai puțin de un secol să producă modificări radicale în cultura grâului în lume. Ameliorarea precocității, a rezistenței la ger, la secetă și arșiță și la boli, a permis extinderea grâului în zone noi unde grâul nu putea fi cultivat, și a stabilității recoltelor, în zone unde cultura grâului era frecvent calamitată".

În ceea ce privește progresul genetic, cu referire la capacitatea de producție, Săulescu (1980), fiind convins de rezultatele obținute în acest scop afirmă: „progresul genetic în privința capacității de producție este și el cert. În Anglia a fost situat la 1%/an, în medie în perioada 1939-1972, iar în Franța de circa 40 kg/ha/an sau 2,7%/an.

Și la cultura porumbului prin ameliorarea continuă a germoplasmei și aplicarea celor mai performante metode și tehnici biotehnnologice, se constată un trend ascendent a producției de porumb, care în ultimii 70 de ani a fost cuprins între 0,48 și 1,41 q/ha/an (tabelul 5.1.).

Tabelul 5.1.

Câștigul genetic la cultura porumbului
(după Duțu H., Cristea M., Murariu M.,1993).

ȚARA	PERIOADA	CÂȘTIGUL GENETIC (q/ha)
Bulgaria	1959-1989	0,80
Cehoslovacia	1945-1989	0,92
Franța	1950-1985	0,80
Iugoslavia	1946-1985	0,93
România	1957-1985	1,18
SUA	1930-1980	1,19
Ungaria	1955-1989	1,42
Fosta URSS	1958-1989	0,49

În SUA peste 2,3% din sporurile de producție se datorează câștigului genetic, iar câștigul total – genetic și tehnologic – a fost cuprins între 0,33 q/ha/an și 0,929 q/ha/an, ceea ce reprezintă între

33% și 89%, în medie 67% din câștigul genetic (Halauer și colab., 1988).

În Franța pentru perioada, 1950-1955, Derieus și colab., (1987) raportează un câștig genetic total de 1,47 q/ha/an, progresul genetic fiind de 0,78 q/ha/an, reprezentând 54% din progresul total.

În Canada, creșterea producției de porumb din Ontario a fost de 0,69 q/ha/an iar câștigul genetic anual a fost de 1,4q/ha/an iar progresul genetic anual de 1,7% din producția totală și de 2,6% din producția recoltată mecanizat.

5.2.1. Câștigul genetic la porumb în România

În România determinări ale câștigului genetic al producției de porumb s-a efectuat la SCDA Turda, unde s-a constatat un progres genetic mediu în perioada 1957-1981 de 0,48q/ha/an, reprezentând 25% din progresul total (Căbulea și Grecu; 1982).

La INCDA Fundulea, în perioada 1957-1981, progresul genetic a fost de 0,48-0,98 q/ha/an (Sarca; 1982). Tot la Fundulea în perioada 1968-1982, folosindu-se hibrizi simpli, s-a obținut un spor genetic de 0,88q/ha/an (Sarca și colab., 1989; Cosmin și colab.,1987), iar în perioada 1978-1996 progresul genetic a fost de 0,83%/an, 1,48%/an în condițiide irigare și 0,58%/an la neirigat, reprezentând 75% din progresul total (Ciocăzanu și colab., 1989).

La SCDA Podu Iloaiei, câștigul genetic total obținut în condiții de experimentare a fost de 1,81 q/ha/an (Petrovici Tamara și colab.,1988).

La SCDA Suceava câștigul genetic a fost de 1,1%/an, reprezentând 60% din câștigul genetic total (Duțu H. și colab., 1993).

Cu tot optimismul manifestat, unii cercetători (Brandolini și Maricani, 1987) pun la îndoială posibilitățile genetice viitoare de creștere a nivelului productiv al porumbului. Analizând această problemă, ei consideră că cercetările de genetică efectuate și

rezultatele obținute au ajuns într-un stadiu atât de avansat, încât în prezent, posibilitățile genetice existente se apropie de epuizare. Pe baza interpretărilor actuale a acțiunii și interacțiunii genelor, precum și a materialului genetic disponibil, ei apreciază că potențialul genetic al porumbului devine tot mai limitat, încât în viitor, dacă se vor mai înregistra creșteri ale nivelului productiv, acestea se vor realiza mai degrabă prin mijloace tehnologice decât prin mijloace genetice.

Majoritatea amelioratorilor și geneticienilor nu împărtășesc aceste concluzii, considerând că porumbul prin structura sa genetică specială, prin diversitatea genetică naturală, prin acumularea în timp a unor cunoștințe noi în genetică și fiziologie și prin abordarea unor biotehnologii noi, moderne, inclusiv prin transgeneză, potențialul genetic al porumbului de sporire a productivității nu este nici pe departe epuizat, ci din contra, ele se vor realiza chiar la cote superioare în viitor (Căbulea și Iurașcu, 2000; Căbulea; 2001)

5.3. Ameliorarea modernă a plantelor

Concentrarea cercetătorilor pe diversitatea genetică, a determinat adoptarea definiției "ameliorarea modernă a plantelor sau ameliorarea științifică" (FAO 1997). Actul de utilizare a diversității genetice pentru îmbunătățirea performanțelor agronomice a plantelor, a condus la un efort formal și în conformitate cu principiile științifice. Cooper și colab., (2014) descriu ameliorarea modernă a plantelor ca o "integrare a geneticii cantitative, statistice și cunoașterea genetică-fenotipică a caracterelor încorporate în dezvoltarea culturilor și în modele de dezvoltare" pentru a avansa înțelegerea noastră asupra diversității germoplasmei funcționale".

Modificările diversității genetice apar ca urmare a încrucișărilor cu alți părinți; segregarea, recombinarea, driftul genetic și selecția, sunt efectuate de amelioratori. Definiția dată de "ameliorare

modernă a plantelor" este largă și nu se consideră necesară utilizarea unei tehnologii specifice pentru definirea "modernului". Suntem conștienți de dezbaterea privind utilizarea organismelor modificate genetic (Brookes și Barfoot 2014; Heinemann și colab. 2013). În acest sens, se recomandă ca definițiile să se bazeze pe principii științifice. Prin urmare, utilizarea de OMG - uri și metode ecologice ar putea coexista și nu ar împiedica utilizarea celor mai bune principii din ambele domenii. Toxina Bt este inclusă în multe pesticide "aprobate organic" fiind recomandată pentru utilizarea pesticidelor ecologice (Carson 1962).

Împărțirea productivității ca fiind "intrinsecă" sau "operațională" (Gurian-Sherman 2009), se consideră că ar fi o falsă dihotomie. Baza genetică a creșterii productivității provine fie din creșterea rezistenței la stres, fie dintr-o proporție relativ mai mare între organele fotosintetice și cele mature. Nici una dintre aceste surse de creștere a productivității ar putea fi considerate "intrinsece", deoarece fotosinteza per se nu a crescut. Mai mult, protejarea productivității este la fel de importantă ca și crearea bazei genetice pentru potențialul de productivitate. Protejarea producției de atacul insectelor folosind gene marker la porumb, a fost considerat un exemplu de câștig genetic (Duvick 2005). Protecția recoltelor împotriva deteriorării mecanice este la fel de importantă.

Charles Darwin susține că dezvoltarea soiurilor domestice oferă exemple puternice de evoluție în desfășurare. Fiecare varietate interacționează cu mediul creând presiuni de selecție asupra organismelor dăunătoare și a bolilor, mai ales când un soi este cultivat pe o suprafață mare. Soiuri care în trecut au fost bine adaptate, rareori își păstrează sursele de gene valoroase pentru mai mult timp. Deficiențele varietale apar datorită presiunii bolilor și dăunătorilor sau a schimbărilor în managementul culturilor. Exemple în acest sens pot

fi date în perioada 1920-1940 când se cultiva suprafețe mari de porumb pentru că se recolta ușor, manual; cu toate acestea, ulterior situația s-a inversat pentru ca porumbul trebuia sa fie adaptat pentru recoltarea mecanizată. Creșterea densității plantelor, prin reducerea distanței dintre rânduri, a fost posibilă prin îmbunătățirea echipamentelor de plantare, asociată cu o înălțime mai mare a sistemului foliar. Plantele mai înalte au exercitat o presiune crescută asupra tulpinii și rădăcinii, când amelioratorii au fost puși în situația să acorde mai multă atenție acestor caractere. Fenomenele extreme meteorologice au creat o presiune sporită asupra tulpinilor și de aici necesitatea rezistenței la secetă. Culturile rezistente la erbicide ușurează în primăvară cultivarea plantelor pe soluri mai reci si mai umede și cu capacitate sporită de transportare a bolilor, impunând o selecție suplimentară de către amelioratori pentru caracterele "defensive". Îmbunătățirea conservării umidității permite cultivarea porumbului pe terenuri care au fost în prealabil predispuse la secetă; dezvoltarea hibrizilor de porumb rezistenți la secetă a accelerat această tendință.

5.3.1 Ameliorarea modernă a plantelor și consecințele specializării

Înainte de apariția ameliorării moderne, amelioratorii au exercitat trei roluri: (1) în producția de alimente, (2) in administrarea resurselor genetice și (3) în îmbunătățirea performanței culturilor prin practică agronomică și selecție varietală. Modificări critice au apărut odată ce agricultorii au ales să utilizeze soiuri noi, create de amelioratorii de plante. Schimbarea poate fi graduală, de-a lungul multor decenii, în care agricultorii folosesc populațiile locale pentru ca să se hibrideze sau să se amestece cu alte varietăți ale amelioratorilor (Brush 1991, 1995; Hammer și colab. 1996) sau pot apărea mai rapid

în câțiva ani sau câteva decenii (Duvick 2005; Negri 2003). Populațiile locale rezistă în condiții de mediu mai puțin favorabile, datorită în primul rând stabilității performanței, preferințelor consumatorilor sau lipsei sprijinului amelioratorilor, mai degrabă decât datorită abilităților intrinseci de potențial ridicat de producție (Zeven 1998, Almekinders și colab., 1994, Newton și colab., 2010). Disponibilitatea sporită a resurselor și specializarea seturilor de calificări, subliniază rolurile complementare ale agricultorilor ca producători și amelioratori de plante și creatori de soiuri. Prin urmare, diversitatea genetică a populațiilor, care nu este transferată în programele formale de ameliorare se va pierde dacă rolul conservaționistului nu este recunoscut în mod conștient.

5.3.2. Direcții noi de diversitate genetică, ca rezultat al modernizării ameliorării plantelor

Cum se direcționează diversitatea genetică în spațiu și în timp și schimbările sale odată cu tranziția agricultorilor de la utilizarea populațiilor locale la folosirea soiurilor moderne? Sistemele formale de ameliorare a plantelor și mai puțin sistemele formalizate, inclusiv prin intermediul rețelelor de producători și amelioratori, facilitează accesul internațional și utilizarea diversității genetice prin respectarea cerințelor fitosanitare, la fel si termenii privind accesul și împărțirea beneficiilor sunt îndeplinite. De exemplu, înainte de aceste acorduri internaționale, la stabilirea programelor de ameliorare a porumbului (*Zea mays*L.) în S.U.A. cea mai răspândită varietate cu polenizare liberă, în Centura Porumbului a fost Dentatul Reid (RYD). În schimb, in prezent, cultivatorii de porumb din această regiune cultivă o gamă mult mai largă de hibrizi, fiind cultivați în anii 2000, 14 hibrizi Pioneer. Cel mai cultivat soi cu polenizare liberă în Centura Porumbului înainte de anii 1930, a fost dentatul Reid (RYD), în prezent această varietate reprezintă 24% din diversitate datorită

introducerii de hibrizi cu pedigree de la alți părinți. Agricultorii cultivă o diversitate mai mare de germoplasmă, ca urmare a creării de rețele între amelioratorii de plante. O varietate modernă tipică de grâu de primăvară, lansată în țările în curs de dezvoltare poate fi derivată din 45 – 50 de populații de grâu; un soi modern de orez, s-a obținut de la 25 sau mai multe populații de orez (Morris și Heisey 1998).

Cea mai mare diversitate in cadrul populațiilor se află între plantele individuale. In contrast, repartiția diversității între diferite varietăți se realizează prin schemele de ameliorare, prin selecția pedigree sau selecția reciprocă recurentă. Realitatea biologică inevitabilă este aceea a interacțiunii genotipului × mediu (G × M), care condiționează fenotipul. De când condițiile de mediu variază în concordanță cu clima și tipul de sol, succesul soiului este demonstrat de diversitatea genetică în spațiu. Diversitatea genetică este, de asemenea, asociată în timp cu diversitatea nou creată, care stă la baza câștigului genetic, fiind obținută prin folosirea reproducerii și recombinării, inclusiv diversitatea provenită din alte regiuni geografice.

5.4. Cuantificarea diversității genetice

Este important să se caracterizeze și să se monitorizeze diversitatea genetică, nu numai cantitativ și calitativ, dar și temporal și spațial (Morris și Heisey 1998). Comparațiile denumirilor varietale nu oferă nici un indiciu de diversitate. Când soiurile moderne sunt folosite în ferme, alături de populațiile tradiționale, schimbările în diversitate pot fi complexe (Brush 1991, 1995; Bellon și Brush 1994; Louette 1995; Louette și colab. 1997: Brush și Perales 2007).

Un parametru ideal ar putea fi măsurarea diversității din punct de vedere al caracterelor agronomice. Cu toate acestea, diversitatea genetică utilă rămâne de obicei ascunsă, atunci când se fac observații

ocazionale. De exemplu, Jack Harlan (1975) a remarcat: "O formă de grâu colectată dintr-o parte îndepărtată a Turciei Răsăritene în 1948 ... arăta foarte urât ...,înalt, cu tulpini subțiri, sensibil la cădere, susceptibil la rugina frunzelor, slab rezistent la îngheț, dificil la vernalizare, iar bobul avea calități slabe la maturitate. În aceste condiții, nimeni nu i-a acordat atenție aproape 15 ani. Dintr-o dată, rugina cu dungi a devenit o problemă serioasă în statele din nord-vest și aceasta formă s-a dovedit a fi rezistentă la patru rase de rugină, 35 de rase de tăciune comun, zece rase de făinare și cu o toleranță bună la tăciune și la mucegaiul de zăpadă." Amplitudinea și varianța diversității genetice care stau la baza caracterelor agronomice prezentau potențial genetic pentru a asigura, că progresele sunt suficiente pentru a fi obținute prin selecție. De exemplu, lungimea știuletelui este a componentă a productivității la porumb, dar selecția știuleților după lungime nu a avut ca rezultat o producție mai mare, datorită corelației negative cu alte caractere de productivitate (Ross et al., 2006). Alte surse de date au fost utilizate pentru a caracteriza diversitatea genetică, inclusiv morfologia (Dillmann și colab., 1997; UPOV 2009), pedigreul (Delannay și colab. 1983; Cox și colab. 1985), heterozisul (Smith și Smith 1992; Gizlice și colab., 1993); markerii moleculari (Donini și colab 2000, Kim și Ward 2000); Datele pedigreelor sunt supuse erorilor din cauza unor date incorecte sau lipsa acestora și nu pot reflecta selecția, dar pot dezvălui tendințe. Tehnologiile markerilor moleculari au evoluat foarte rapid, în anii ‘80 s-au testat 20-25 de gene, iar astăzi sunt testate mii sau milioane de nucleotide unice sau polimorfice (SNP), totul fiind în prezent o rutină. Markerii moleculari sau datele de secvență oferă cele mai utile mijloace de măsurare a diversității genetice. Aceste date asigură un "limbaj" comun de diversitate care cuprind specii sălbatice și buruieni, plante domestice și soiuri noi. Cu toate acestea, complexitatea

genetică, de reglementare, crearea de diversitate nouă (Hopkins et al., 2013), și alte mecanisme (de exemplu, sistemele epigenetice) oferă încă o înțelegere globală a performanțelor agronomice în ceea ce privește secvența genetică sau reacția de metilare, în prezent, fiind de departe cele mai complete analize genetice (De Koeyer și colab., 1999, Lucas și colab., 2013).

5.5. Modele de schimbare a diversității genetice

5.5.1 Deficiențe care au determinat pierderea diversității genetice odată cu domesticirea plantelor

Prin domesticirea speciilor sălbatice, în decurs de 8.000 - 10.000 de ani s-a pierdut 65-70% din diversitate. Cele mai mari pierderi de diversitate a suferit grâul (65-84%), urmat de floarea soarelui (55-60%), în timp ce orzul a suferit cele mai mici pierderi ale diversității (20%) (Morrell și colab., 2013).

5.5.2 Modificări ale diversității genetice la porumb, de la populații locale la linii ameliorate si varietăți bine adaptate

Vigouroux și colab. (2008) au examinat aproape întregul set de aproximativ 350 de rase de porumb din America (Matsuoka et al., 2002). Populațiile au fost grupate în patru grupe mari: „Dealurile Înalte din Mexic, Nordic, Andean și Zona Tropicală Depresionară". Cele din Dealurile Înalte și cele din Zonele Tropicale Joase au înregistrat cea mai mare diversitate. Cu toate acestea, Zonele Nordice din SUA au deținut 88% din diversitatea genetică și 71% din numărul de alele/locus, comparativ cu cele din Dealurile Înalte din Mexic. Matsuoka și colab. (2002) și Liu și colab. (2003) au estimat că hibrizii din grupele 101-206, înserează împreună 98% din diversitatea genetică, 76-93% din numărul de alele și 73% din numărul de alele pe locus, în comparație cu populațiile locale. Setul din SUA (54 linii) au

93-98% din alele prezente în populații. Comparativ cu strămoșul sălbatic, populațiile americane de porumb au păstrat 84% din diversitatea genetică și 67% din numărul de alele (Matsuoka și colab., 2002).

Liu și colab. (2003) au grupat 260 de hibrizi în trei grupe mari; hibrizi cu tulpina nerigidă (NSS), hibrizi cu tulpină rigidă (SS) și hibrizi tropicali. Hibrizii tropicali s-au format mai ales între rasele din zona tropicală de câmpie (66%) și în Dealurile Înalte (18%). Hibrizii cu tulpina nerigidă și cei cu tulpină rigidă s-au format din Dentatul de Sud (37-38%) și Induratul de Nord (23-27%) care împreună formează rasa Belt Dent a porumbului, cea mai productivă și cea mai bună rasă de porumb, la nivel mondial. Rasele Induratul de nord si Dentatul de sud sunt radical diferite în morfologia, constituția izoenzimică și citologie. Doebley și colab. (1988) le-au descris ca "reprezentând capetele opuse ale spectrului de variație la porumb". Anderson și Brown (1952) au considerat că sunt mult mai diferite "în raport cu variația găsită la gramineele sălbatice, dacă s-ar lua în considerare diferite specii și, eventual, membri din genuri diferite".

Liu și colab. (2003) au tras concluzia că diversitatea raselor de porumb originare din Dealurile Tropicale nu era bine reprezentată în hibrizi. În consecință, hibrizii tropicali ar putea fi candidați folositori pentru lărgirea diversității bazei germoplasmei de elită. Rasele de porumb din Dealurile Înalte, evidențiază exemple de introgresie de la strămoșul sălbatic, teosintele, și astfel reprezintă surse de diversitate exotică atât în germoplasma sălbatică cât și în cea cultivată (Hufford și colab., 2013).

În faza timpurie a programului de ameliorare lansat de firma Pioneer în anii 1920 și 1930, directorul Companiei de ameliorare Raymond Baker, a încurajat amelioratorii de porumb Pioneer să folosească surse de diversitate dintr-un număr mare de varietăți cu polenizare liberă. De exemplu, rezultatele obținute în statul Illinois

indică un nivel ridicat al diversității genetice complexe care contribuie la creșterea conținutului de grăsimi și proteine din boabe (Lucas și colab., 2013). Lu și Bernardo (2001) au comparat diversitatea dintre 40 de hibrizi din SUA și au ajuns la concluzia că diversitatea genetică a scăzut la nivelul genelor, dar a fost menținută la nivelul populației. De asemenea, au observat că diversitatea în ansamblu ei este menținută în cadrul grupelor heterotice individuale, dar diversitatea în ansamblu este menținută prin creșterea diferențelor între grupurile heterotice.

Romay și colab. (2013) a comparat 2815 hibrizi de porumb, folosind peste 680.000 nucleotide unice polimorfice. Ei au descoperit că germoplasma Pioneer este reprezentată mai mult în grupul dentat și cea mai mare parte din germoplasma proprie este în afara celor trei grupe principale. Pe de altă parte, nu există nici o justificare pentru a fi mulțumiți. O tendință a diversității genetice fiind epuizată numai de ameliorarea și comercializarea celor mai performante soiuri, care ar fi rezultatul natural al selecției, dacă este efectuat într-un sistem închis. Amelioratorii de plante trebuie prin urmare, sa gestioneze în mod activ diversitatea germoplasmei pentru a oferi posibilitatea continuării activității în vederea realizării câștigului genetic. În plus, nu există niciun motiv să presupunem că toata diversitatea genetică prezentă în *Zea* este utilă, și că ar ar trebui să existe într-o singură rasă, chiar și una cu origini divergente. Programe dedicate evaluării germoplasmei exotice a porumbului în S.U.A. au dovedit această afirmație (Lewis și Goodman 2003, GEM 2014).

5.5.3. Modificări ale diversității genetice prin introducerea soiurilor.

Diversitatea a scăzut în general, în timpul tranziției inițiale de la populații, la primul ciclu de obținere a soiurilor. În deceniile următoare, au existat fluctuații temporale ale diversității. Fluctuațiile sunt asociate cu efecte de blocare, datorate cerințelor pentru creșterea

conținutului de malț pentru bere de exemplu la orz, sau a calității de coacere a pâinii, la grâu. Blocaje temporale adiționale au fost asociate cu introducerea unei germoplasme noi, de exemplu: grâul semidur și a translocațiilor la grâu x secară (Triticale) (Orabi și colab., 2014). În contrast, introducerea rezistenței la erbicide cu OMG nu a provocat o strangulare la soia (Sneller 2003). Unele programe de ameliorare au început sa folosească din nou populații locale, atingând niveluri mai ridicate de diversitate. De exemplu, Ren și colab. (2013) au observat o creștere semnificativă a diversității la grâu pentru cultivarele create în perioada 1980-2009. Parker și colab. (2002) au concluzionat că diversitatea genetică la 124 de soiuri de grâu australian a crescut în timp. Rauf și colab. (2010) au arătat ca introducerea în unele soiuri de grâu create de CIMMYT a unor populații cu diverse pedigree a dus la creșterea diversității genetice, depășind cea a erei Revoluției Pre-verzi din perioada 1991-2000. Smale și colab. (2002) au tras concluzia că tendințele diversității genetice pentru soiurile de grâu de primăvară pentru pâine, lansate după 1965 "nu erau în concordanță cu opinia conform căreia diversitatea genetică din grâul semidur modern cultivat în țările în curs de dezvoltare a scăzut in timp ". Orabi și colab. (2014) au constatat că în perioada 1886-2009 diversitatea în Europa la soiurile de grâu a scăzut până în anii 1940, când fermierii au renunțat la populații. Cu toate acestea, în anii 2000, soiurile europene de grâu au prezentat niveluri mai ridicate de diversitate comparativ cu populațiile. Van de Wouw și colab. (2010) au identificat o scădere a diversității pentru 8 culturi de câmp în perioada 1950-1960, cu o creștere ulterioară a diversității. Orabi și colab. (2014) au atribuit această creștere a diversității, amelioratorilor care au utilizat germoplasmă adaptată în diferite regiuni, germoplasmă exotică, populații și rude sălbatice.

5.6. Măsuri de conservare a surselor suplimentare de diversitate

Dezvoltarea cu succes a diversității genetice în ameliorarea plantelor și în agricultură, pentru îmbunătățirea susținută a productivității depinde în continuare de existența, crearea și implementarea unei noi diversități utile. Deși există dovezi pentru crearea de diversitate nouă (Hopkins și colab., 2013), ar fi o greșeală să restricționezi accesul prin utilizarea repetată numai a unor soiuri bine adaptate. Fluctuațiile temporale ale diversității genetice, reflectă natura dinamică a agriculturii, a mediului și abilitățile de adaptare cu succes a soiurilor și hibrizilor atât la provocările generate de buruieni, dăunători și boli și schimbările climatice imprevizibile, cât și modificarea practicilor de gestionare a fermelor și a preferințelor consumatorilor. Sursele primare ale diversității noi, potențial utile includ soiuri bine adaptate din regiunile adiacente, generația nouă de variații alelice transformată în varietăți bine adaptate, inclusiv prin mutație genetică sau prin modificarea expresiei genelor, a rudelor sălbatice și a buruienilor și diversitatea "trans-genică" provenită din alte genuri și încorporate prin utilizarea ingineriei moleculare.

5.6.1. Preocupări referitoare de uniformitatea genetică; exemple unde rezistența unei gene (sau a citoplasmei) a fost înlăturată

Preocupările legate de pierderea diversității s-au intensificat în anii 1960, când un soi foarte productiv de orez IR8, susceptibil la arsura bacteriană (*Xanthomonas oryzae pv. oryzae*) a fost semănat pe scară largă în sudul și sud-estul Asiei. Focarele de arsură bacteriană au redus producția cu 20-50% chiar până la 80% (Societatea Americană de Fitopatologie, 2014). Preocupări suplimentare au apărut atunci când porumbul a fost atacat de rasa T a ciupercii *Helminthosporium maydis*, distrugând, în anul 1970, recolta de porumb a SUA. În acest caz,

uniformitatea a fost asociată cu o citoplasmă specifică mai degrabă, decât cu genomul nuclear. Pierderile de productivitate au atins 50-100% în unele zone cu pierderi economice de aproximativ un billion de dolari (Societatea Americană de Fitopatologie, 2014). "*Niciodată nu ar trebui ca principalele specii cultivate să fie modelate într-o astfel de uniformitate încât să fie atât de universal vulnerabile la atacul unui patogen, insectă sau stres ecologic. Diversitatea trebuie să fie menținută atât în constituția genetică cât și în cea citoplasmatică a tuturor speciilor cultivate importante.*"(Ullstrup 1972). De când amelioratorii de porumb au creat linii consangvinizate de elită din alte citoplasme, au reușit să "dezmembreze" rapid diversitatea genomică nucleară utilizând citoplasma nucleară, plasmatică și nucleo-plasmatică.

Brown (1983) a reamintit că diversitatea în sine nu oferă nici o garanție a rezistenței la dăunători sau boli. De exemplu, castanul american (*Castanea dentate*) a fost decimat de *Endothia parasitica* în două decenii, deși prezenta o mare variabilitate. Înainte de ameliorarea plantelor, au existat atacuri puternice de mană (*Phytopthora infestans*) la cartof, în Irlanda în timpul anilor 1840 și în Germania, în timpul Primului Război Mondial. Atacurile la secară provocate de *Claviceps purpurea*, în valea Rinului, a avut loc în timpul anului 1857, în Anglia în timpul anului 1355, iar în Rusia în perioada 1926-1927. În 1916, la grâu, rugina (*Puccinia graminis*) a cauzat pierderi semnificative de productivitate în statele americane. Încă de la începutul anilor 1950, ciuperca tropicală (*Puccinia polysora*) s-a răspândit în Africa pe cultivarele de porumb cu polenizare liberă, având loc reducerea puternică a variabilității genetice. Cercetătorii și-au exprimat îngrijorarea cu privire la faptul că populațiile locale de porumb din *Dealurile Înalte*, ar putea fi vulnerabile la pierderea diversității și chiar

la dispariția potențială, datorată performanțelor relativ slabe în zone cu climă caldă.

Este de așteptat ca fermierii să solicite un anumit soi, care datorită productivității, să-l cultive pe suprafețe extinse. "Uniformitatea în sine nu trebuie să fie periculoasă, pentru că unele soiuri sunt stabile". De exemplu, în ultimii 40 de ani, soiul Azul a fost singurul soi de *Agave tequilana* permis în producția de tequila (Valanzuela, 2011). Producția de portocale braziliane (*Citrus sinensis)* se bazează pe câteva soiuri (Machado și colab. 2011), iar utilizarea unei baze genetice înguste nu este limitată de oameni. Fluturele monarh (*Danaus plexippus*) se hrănește numai cu *Asclepia spp*. (alior), în timp ce, mamiferul cel mai rapid, ghepardul (*Acinonyx jubatus*), este bine adaptat la stilul de viață de prădător, lipsa diversității genetice (Menotti-Raymond și O'Brien 1993) face ca această specie sa fie neadaptabilă. Supremația față de un soi de succes sau dependența de comportamentul specializat, este un potențial „călcâi al lui Ahile" pentru orice soi sau specie. De exemplu, presiunea de selecție duce la apariția diferitelor rase de agenți patogeni, depășirea rezistenței varietale creează o "capcană socială" (Morris și Heisey 1998). Interacțiunile biologice sunt inevitabile și trebuie gestionate ca elemente integrate de creștere a plantelor.

De exemplu, în Panama, datorită unei boli apărute la banan (*Musa acuminata*) s-a redus exportul de banane, fiind decimată întreaga producție din aceasta țară, dar la începutul secolului al XX-lea, a reapărut banana Cavendish, singurul soi de banane care este cultivat pentru export (Van der Wal și de Groot, 2007.). Focare ale unei boli la porumb (*Exserohilum turcicum*) în valea Alsacia-Rin au fost combătute prin ameliorare, cu introducerea de gene de rezistență suplimentare. Reducerea vânzărilor pe scară largă în S.U.A. a porumbului hibrid B73 × Mo17, s-a datorat apariției unei boli la

tulpină și a slabei rezistențe la secetă, care au fost contracarate prin crearea unei linii consangvinizate - B73, fiind una dintre cele mai răspândite și folosite linii parentale ca material de reproducere în istoria porumbului din SUA, cu numeroase îmbunătățiri aduse de către amelioratori la deficiențele sale agronomice. Soiul lider de floarea-soarelui din Argentina și un hibrid de porumb din SUA au fost înlocuite prin ameliorarea ulterioară, când au fost expuse atacului bolilor foliare, pe măsură ce condițiile de mediu s-au schimbat. Fiecare soi nou sau o "soluție genetică" nu poate fi decât temporară, deoarece condițiile de mediu se schimbă mereu. Schimbările dinamice necesită utilizarea creativă și desfășurarea diversității genetice utile în programele de ameliorare.

5.6.2. Conservarea resurselor genetice vegetale

Conservarea resurselor genetice vegetale pentru alimentație și agricultură este de obicei considerată ca fiind conservarea "on farm" *(in situ*) sau "off-farm" (*ex situ*). Băncile de gene *ex situ* reprezintă ultimul depozit pentru conservarea diversității genetice, care altfel s-ar pierde întrucât cultivatorii înlocuiesc populațiile locale cu soiurile moderne, cu ajutorul amelioratorilor, cultivatorii jucând un rol important în selecția descendenților. Necesitatea de a accesa o bază largă de diversitate genetică a determinat SUA să stabilească un program de explorare a plantelor, în 1898 (Williams 2005). Au fost realizate expediții de colectare a germoplasmei în anii 1920 și 1930 de către N.I. Vavilov cu obiective specifice pentru a înțelege mai bine și prin aceasta, utilizarea diversității genetice globale a speciilor cultivate care a inclus inființarea Băncilor de gene (Institutul Vavilov 2014). S-au adăugat și alte bănci de gene care au fost înființate la sfârșitul anilor 1940-1950 în SUA, Mexic (Taba et al., 2004; Williams 2005). Preocupări legate de pierderea diversității genetice a populațiilor în perioada extinderii suprafeței cultivate cu soiuri moderne în timpul

Revoluției verzi a dus la înființarea de Bănci de gene suplimentare, în special cele care se află sub auspiciile Grupului Consultativ privind Cercetarea Agricolă Internațională (CGIAR). La nivel global, există peste 1300 de Bănci de gene. Din totalul probelor stocate, doar 56% dintre probe sunt stocate pe termen mediu și lung, 8% pe termen scurt, 10% în câmp, iar pentru 25% nu exista informații (Scarascia-Mugnozza și Perrino 2002). Temerile privind pierderea germoplasmei au dus la instituirea în 2004 a Trustului diversității globale a plantelor (GCDT) (www.startwithaseed.org) prin intermediul unui parteneriat cu FAO, ONU și CGIAR. Obiectivele acestei organizații internaționale sunt: dotare suficientă, sprijin la nivel național, și un sistem global și sustenabil al Băncilor de gene (Raymond 2004).

Colecțiile CGIAR sunt considerate o "responsabilitate comună a omenirii", sub auspiciile FAO. Resursele genetice vegetale sunt conservate într-un sistem multilateral, prin aceasta recunoscându-se beneficiul colectiv, privind accesul potențial în continuare la resursele genetice vegetale, pentru utilizarea în alimentație și agricultură în toate țările. Beneficiile reprezintă asigurarea accesului la o gamă largă de diversitate genetică dincolo de cea prezentă într-o singură țară sau regiune. O singură țară sau o regiune, chiar si acolo unde culturile au fost inițial domesticite sau s-a dezvoltat ulterior o diversitate sporită, nu este suficient pentru furnizarea de resurse genetice vegetale (Fowler et al 2001, Voysest et al., 2003; Fowler și Hodgkin 2004). Un scenariu alternativ de găsire a unei surse unice de germoplasmă, într-o singură locație, cu valoare monetară foarte mare, care ar putea fi ușor realizată oriunde, a fost recunoscut că nu este posibil, din cauza distribuției geografice a resurselor genetice vegetale utile pentru alimentație și agricultură, așa cum a fost expus la stabilirea Tratatului internațional FAO (FAO 2009).

Strategiile de conservare *ex-situ* a germoplasmei au fost criticate pentru că se depozitează germoplasma în depozitele frigorifice și astfel se oprește evoluția ulterioară a varietăților ca răspuns la dăunători, boli sau schimbări climatice, care sunt într-o constantă schimbare.

Această critică este greșită; cu toate acestea, apar oportunități de a genera o nouă diversitate atunci când amelioratorii accesează și utilizează această germoplasmă, creând mai mult o nouă diversitate prin încrucișare și selecție și cu o rată mai mare de diversitate, decât atunci când populația inițială ar fi putut fi menținută în fermă.

Conservarea *ex situ* a germoplasmei permite menținerea diversității genetice a populațiilor, prin utilizarea în programele de ameliorare, și nu pierderea lor dacă ar fi rămas în ferme. Cel mai de succes program de ameliorare a plantelor trebuie să fie *in situ* datorită interacțiunii efectelor genei × mediului. Noțiunea de conservare *in situ* necesită și o examinare atentă. Studii privind diversitatea genetică în agricultura gestionată de agricultori și aprovizionarea cu semințe, indică utilizarea unor practici destul de sofisticate pentru a menține calitatea varietală și revigorarea diversității existente (Brush 1991, 1995; Bellon and Brush 1994; Louette 1995; Louette și colab. 1997: Brush și Perales 2007). Când germoplasma mai productivă este introdusă, fermierii o vor folosi, în funcție de nevoile lor, prin utilizarea germplasmei *per se*, sau a speciilor alogame, prin introducerea unei noi diversități genetice prin hibridare. Astfel, chiar dacă nivelul cantitativ al diversității genetice este menținut, o parte din diversitatea prezentă în rasele native este predispusă la pierderi. În consecință, utilizarea termenului "conservare" în conjuncție cu "in situ" poate fi greșit și ar putea fi mai bine descris ca " managementul culturilor *in situ*" sau " ameliorarea plantelor". Diversitatea genetică utilizată în ferme trebuie să fie în mod regulat monitorizată indiferent

de sursa sau tipul de germoplasmă (populații din germoplasma introdusă suplimentar sau soiuri create de amelioratori).

5.6.3. Programe de extindere a bazei genetice în activitatea de ameliorare și în agricultură

Există provocări semnificative pentru evaluarea exoticului, inclusiv a germoplasmei sălbatice care nu este adaptată la condițiile de mediu din producție (TPE). Provocările includ: (1) să se decidă care dintre numeroasele probe sa fie evaluate (2) să se adapteze germoplasma exotică prin încrucișare cu germoplasma adaptată pentru a fi corect testate caracterele performante.

Informațiile privind blocarea genetică ajută (1) la prioritizarea germoplasmei ca sursă de diversitate suplimentară și (2) indică provocările care trebuie depășite pentru a evalua această germplasmă pentru utilitatea sa potențială. De exemplu, rasele de porumb distribuite în zonele muntoase mexicane și liniile consangvinizate tropicale sunt candidații prioritari, deoarece acestea prezintă o mare diversitate și nici nu au relații filogenetice recente cu Dents Corn Belt.

Desfășurarea programelor de introducere și evaluare a germoplasmei se face de obicei prin parteneriate publice sau privat-publice. Cultura de sorg din S.U.A. este dependentă de germoplasma exotică recent introdusă. Sorgul (*S. bicolor*) a fost introdus în S.U.A. din Africa în perioada 1874-1908 prin importul a câtorva cultivare (Milo, Guinea Kafir) (Klein și colab., 2008). La începutul anilor 1960, s-a constatat că germoplasma de sorg din S.U.A. era foarte îngustă, cu oportunități limitate de adaptare in fermele din S.U.A. Un program de conversie a sorgului a fost inițiat în 1963 și a implicat USDA și Texas A & M University, care a avut drept scop extinderea bazei germoplasmelor prin eliminarea blocajului fotoperioadei.

Dr. Major Goodman conduce un program la Universitatea de Stat din Carolina de Nord care se referă la încorporarea germoplasmei

tropicale de porumb exotic în materiale de ameliorare din S.U.A. Estimările contribuțiilor exotice in liniile consangvinizate noi sunt de la 32-70%, la cele mai bune teste de incrucișări s-au obținut hibrizi de control bine adaptați. Consorțiul "Îmbunătățirea Genetică a Porumbului" (GEM) cuprinde 17 universități, 7 unități USDA-ARS, 3 colaboratori internaționali, 27 de companii americane și 9 companii internaționale. GEM folosește germoplasma din 12 țări și a studiat probe ce aparțin la 24 de rase de porumb care au condus la realizarea a 190 de hibrizi (GEM 2014). Genetica utilă în versiunile GEM include îmbunătățirea productivitatii, precum și rezistența la insecte și boli, cantități mari de proteine, ulei și amidon. British Biotechnology si Consiliul de Cercetari Biologice (BBSRC 2011) a lărgit baza genetică a grâului. S-au utilizat trei strategii: surse din populații și soiuri adaptate local, surse care să producă grâu hexaploid nou prin încrucișarea tetraploidului x progenitori diploizi și transferul segmentelor genetice mici de la rude sălbatice la grâul hexaploid.

5.6.4. Generarea diversității genetice suplimentare

Metodele de generare a diversității suplimentare includ inducerea de noi mutații și încorporarea secvențelor genice specifice de la alte genuri sau familii botanice care nu au legătură.

Amelioratorii de plante crează de obicei diversitate utilizând germoplasmă nativă la culturile lor de interes, pentru a dezvolta un soi care este bine adaptat la condițiile de mediu din producție (TPE) și de cele mai multe ori cu durată de vegetație cât mai scurtă. Folosirea în mod direct a diversității suplimentare poate modifica sau adapta mai bine soiul existent. Soiurile modificate pot să fie îmbunătățitr prin (1) incrucișarea unei varietăți inițiale cu altă varietate care conține o diversitate suplimentară de interes (sursa donatorului) și apoi (2) efectuarea unor generatii repetate de "back-crossing" folosind părintele inițial (recurent) cu selecții simultane pentru genele donoare

specifice. Scopul este de a recupera o varietate modificată care este la fel de apropiată genetic de soiul inițial pe cât este posibil, singura excepție, este prezența genelor dorite adăugate din germplasma sursă donator. Odată ce genele dorite sunt încorporate în soiurile bine adaptate, amelioratorii au, de asemenea, opțiunea de a renunța la utilizarea germplasmei donoare și, în schimb, să utilizeze soiurile modificate ca părinți reproducători în sine.

5.6.4.1. Utilizarea mutațiilor induse

Cauza fundamentală a intregii diversității genetice este mutația care poate fi definită ca "orice schimbare în compoziția nucleotidică a genomului". Utilizarea produselor din mutațiile induse în ameliorare a fost inițiată de Stadler (1928a, b) la orz și porumb, folosind raze X și radium. Prin folosirea mutațiilor în ameliorare se pot obține anumite secvențe de gene, sau direct gene mutante; de exemplu, prin mutageneză s-a realizat interferența ARN-ului, utilizarea nucleazelor cu zinc și mijloace mai eficiente pentru a identifica noi alele, inclusiv alele recesive, inducerea leziunilor locale în genom (TILLING) și analiza transcriptomilor (Phillips and Rines 2009). Folosirea mutațiilor în ameliorare joacă un rol din ce în ce mai important în furnizarea către amelioratori a unor surse potențial valoroase de diversitate genetică nouă și este utilă pentru ameliorarea speciilor de plante asexuate (Ishige 2009) și a speciilor cu o diversitate limitată (Shu 2009). Peste 2700 de soiuri care fac parte din peste 170 de specii au fost create și puse la dispoziția fermierilor, incluzând orez, grâu, orz, mere, citrice, trestie de zahăr și banane (Lagoda 2009). Multe soiuri au fost create folosind mutația indusă, având beneficii economice pozitive, semnificative pentru agricultori. Exemplele includ soiurile de orz de bere "Diamant" și "Golden Promise" contribuind anual cu 20 de milioane de dolari, iar soiul de pere japonez "Gold Nijesseiki" cu 30 de milioane de dolari. Soiul chinezesc

de orez "Zhefu 802" a contribuit la o creștere a productivității cu 10,5% între 1980 și 1995, echivalent cu alimentația a 2 milioane de persoane în fiecare an.

5.6.4.2. Utilizarea germoplasmei de la alte genuri sau familii botanice

Începând cu iulie 2014, ISAAA a arătat că există 31 de organisme modificate genetic în mai multe țări, din care 8 (27%) au rezistență la erbicide și 3 (10%) cu rezistență la insecte. Douăzeci și șapte de culturi au fost listate ca având soiuri care includ caractere modificate genetic. Șapte (23%) caractere au fost enumerate ca fiind disponibile în una sau mai multe țări. Aceste însușiri au cuprins rezistenta la secetă, productivitate ridicată, rezistență la boli, toleranță la erbicide, rezistența la insecte, modificarea calității produselor și un sistem de control al polenizării la sămânța hibridă. La primul erbicid total disponibil pe piață (glifosat) - au fost create soiuri de soia rezistente la acest erbicid, fiind lansate în anul 1996. Hibrizi europeni de porumb rezistenți la *Ostrinia nubilalis* au fost creați prin integrarea unei toxine de la o genă producătoare de la *Bacillus thuringiensis,* primindu-se aprobările folosirii acestor hibrizi în anul 1996. Toxina Bt a fost de asemenea utilizată ca pesticid în Europa în 1920 și este considerată un pesticid ecologic (Carson 1962).

Înainte de folosirea OMG - urilor, amelioratorii de porumb au creat hibrizi care erau distruși de *Ostrinia nubillalis*. Cu toate acestea, chiar și după 7 decenii de ameliorare hibrizii de porumb creați (Duvick 1984, 1997), erau foarte vulnerabili la acest dăunător, având loc pierderi economice semnificative care depășeau peste 1000 de milioane de dolari în anii 1990 (Mason et al., 1996). Hutchinson și colab. (2010) au estimat că beneficiile au fost de peste 6 miliarde de dolari după 14 ani de la suprimarea atacului cu *Ostrinia*, în Centura Porumbului din SUA, marii cultivatori de porumb acumulând 1,9

miliarde de dolari. Variantele rezistente la erbicide au ajutat la reducerea numărului de lucrări mecanice având loc protejarea împotriva eroziunii solului datorită trecerii cu mai puține utilaje pe sol și de asemenea s-a redus consumul de combustibil, reducând astfel costurile și emisiile de carbon (Fawcett și Towery n.d; So și colab., 2001, Holland 2004, Green 2012).

Este important să recunoaștem că abordările transgenice curente pentru obținerea rezistenței la erbicide și la insecte rămân soluții chimice direcționate de gene singulare folosind planta ca sursă de energie pentru prelucrarea chimică. OMG ofera aceleași avantaje și dezavantaje ale oricărei abordări cu o singură genă. Furnizează efecte înalt eritabile și semnificative, dar își pot pierde eficacitatea datorită presiunii ridicate de selecție asupra agenților patogeni sau a buruienilor care pot depăși acest mecanism de rezistență.

Au existat preocupări în ceea ce privește adăugarea de clase suplimentare de gene unice prin backcross și modificări transgenice care pot determina creșterea efectelor de strangulare care ar reduce astfel diversitatea genetică disponibilă în soiurile comerciale (Sneller 2003). Cu toate acestea, diversitatea la bumbac, în SUA a crescut în timpul introducerii soiurilor- Bt și diversitatea la soia tot în SUA a fost menținută cu ajutorul varietăților introduse, rezistente la gliphosat.

Abia recent, a fost abordată o singură genă pentru caracterele agronomice, cum ar fi, reacția acesteia la secetă. Chiar și cunoașterea mecanismelor complexe fiziologice și genetice care stau la baza caracterelor cantitative, va rămâne în continuare o provocare pentru a găsi o singură genă, prin cunoașterea expresiei genelor unice native. Până în prezent, 100% din potențialul genetic pentru creșterea producției vine de la dezvoltarea de noi aranjamente de diversitate nativă (și, eventual, prin contribuția unor generații noi de diversitate).

Până acum, modificările genetice, indiferent dacă sunt realizate prin ameliorarea mutațiilor, schimbarea expresiei genelor sau prin integrarea germoplasmei exotice, prin metode transgenice au servit pentru a proteja sau a spori calitatea potențialului genetic existent pentru productivitate. Astfel de contribuții pot fi extrem de semnificative din punct de vedere economic si al condițiior de mediu, și sunt la mare căutare de către agricultori. Mai mult controlul eficient al insectelor face o germoplasmă mai accesibilă decât până acum, care nu putea fi utilizată din cauza limitărilor sale inerente. Îmbunătățirea rezistenței la secetă si eficiența utilizării azotului, pot contribui la o agricultură mai durabilă. Cu toate acestea, utilizarea unei abordări nu ar trebui să excludă o alta, inclusiv cea complemetară, de utilizare a celor mai bune practici în agricultura „organică" și „neorganică".

Amelioratorii de plante și agricultorii vor trebui să utilizeze toate instrumentele disponibile, în mod durabil pentru îmbunătățirea productivității. Cu toate acestea, anticipăm că în principal creșterea productivității se va datora unor programe de ameliorare mai eficiente prin utilizarea selecției germoplasmei native pentru a optimiza în continuare interacțiunea genotip x mediu (Smith și colab., 2014a).

5.7. Protecția proprietății intelectuale și diversitatea genetică

Semințele speciilor autogame și speciile cu înmulțire vegetativă pot fi ușor „copiate". Prin urmare, pentru a asigura investiții suplimentare în ameliorarea plantelor în mediu privat și comercial, este obligatoriu ca noile linii parentale ale hibrizilor, soiurilor și alte produse bazate pe cercetare, cum ar fi trăsăturile noi sau metodele de reproducere, trebuie sa fie eligibile pentru a fi protejate ca proprietate intelectuală. Folosirea ilegală, de asemenea contribuie la o îngustare a bazei genetice și induce în eroare agricultorii care doresc să își

diversifice baza genetică cultivată astfel incât să poată lupta împotriva riscurilor meteorologice potențiale, a insectelor sau a dăunătorilor asociată cu dezvoltarea unei singure gene sau a unui fond genetic îngust.

Cea mai răspândită formă de protecție este dreptul de autor a amelioratorilor de plante (PBRs) sau Protecția soiurilor de plante (PVP). PVP a fost dezvoltat special pentru ameliorarea plantelor sub auspiciile Uniunii pentru Protecția Plantelor Cultivate (UPOV) și este implementat prin intermediul rețelei naționale sau, în cazul Uniunii Europene, prin legislație europeană. Convenția UPOV a fost adoptată în 1961, a intrat în vigoare în 1968 și a fost revizuită în 1972, 1978 și 1991 (UPOV 2014). Pe scurt, PVP oferă termene (de obicei 20 de ani) de protecție în timpul căreia proprietarul deține monopol în vânzarea și exploatarea comercială a soiului în sine. Cu toate acestea, în acest timp există o excepție care permite altor amelioratori să reproducă soiul protejat și (conform legilor care respectă UPOV, 1991) să comercializeze liber descendenții rezultați, dacă îndeplinesc cerințele UPOV pentru distinctivitate, uniformitate, și stabilitate (DUS) și nu sunt atât de asemănătoare cu soiul inițial, fiind declarate soiuri derivate (VER). Pot exista și excepții care permit agricultorilor să salveze semințele pentru a fi utilizate în propriile ferme; redevențele pot fi percepute pentru utilizarea la scară comercială a semințelor conservate în ferme, dar acest lucru nu este posibil în S.U.A. SUA a inițiat IPP pentru răspândirea speciilor propagate pe cale vegetativă, netuberante prin Actul Patent American privind brevetele de plante din 1930, care oferă protecție PVP. SUA. a permis patentarea invențiilor biologice, începând cu anul 1980, incluzând soiuri de plante în anul 1985; Această protecție a fost consolidată de Curtea Supremă a SUA (Baird 2002). Cerințele de eligibilitate pentru

brevetabilitatea unui soi includ prezentarea DUS plus demonstrație de utilitate, noutate, și descriere a soiului.

Scopul politicii de protecție a proprietății intelectuale este creșterea bunăstării sociale prin încurajarea dezvoltării de produse noi și utile care altfel nu ar fi fost create (Lence et al., 2005). Mijloacele prin care PVP și brevetele încearcă să obțină bunăstare socială pozitivă netă este de a oferi o protecție limitată în timp pentru dezvoltatorul inițial. PVP adaugă o excepție care permite reproducerea ulterioară și comercializarea în țările în care se aplică PVP. Europa nu permite patente pe soiuri, dar poate permite brevetele pe gene și markerii asociați, deși există o discuție intensă cu privire la acest ultim subiect iar situația pe termen lung în Europa rămâne neclară (EPO 2013). Indiferent de caracter, brevetele se acordă în funcție de condițiile specifice din fiecare țară sau din regiune. Provocarea, în ceea ce privește IPP și bunăstarea socială, este pentru a asigura un echilibru adecvat între timp și nivel de protecție în ceea ce privește calitatea inovației și accesul la soi sau invenție. Utilitatea patentelor a fost criticată deoarece, spre deosebire de PVP, permit accesul asupra licenței doar în timpul perioadei de protecție. În schimb, după expirarea protecției brevetelor, obiectul anterior protejat (inclusiv liniile parentale brevetate ale hibrizilor) este plasat în domeniul public, în timp ce în cadrul UPOV acest acces public nu este obligatoriu dar este solicitat de USDA în S.U.A. Prin urmare, amelioratorii de plante din Europa se bazează mai mult pe secrete comerciale, pentru a-și proteja liniile parentale ale hibrizilor; o practică care poate avea un impact negativ asupra bunăstării sociale. În plus, spre deosebire de Europa, SUA oferă în mod regulat acces prin NPGS off-brevet asupra germoplasmei PVP prin sistemul multilateral de germplasma FAO ITPGRFA

Protejarea Proprietății Intelectuale (IPP) cu referire la ameliorarea plantelor, există într-un mediu care este în continuă schimbare, dacă ne referim la capacitățile tehnice. De exemplu, timpul efectiv cât se acordă protecție, a fost redus considerând că un ciclu de ameliorare durează de la 2 la 5 ani. Reducerea timpului de ameliorare este dramatic, mai ales pentru hibrizi, deoarece grupurile heterotice adecvate pentru descendenți pot fi acum mai ușor de identificat. În consecință, PVP oferă acum un nivel mai scăzut de stimulente pentru a investi în activități de ameliorare pentru identificarea, adaptarea și încorporarea unei noi diversități genetice exotice. Țări care nu permit brevetele de utilitate pe soiuri, limitează deja potențialul comercial de finanțare a întreprinderilor pentru accesarea și utilizarea germoplasmei exotice. Obiectivele privind protecția socială a brevetelor sunt sporite atunci când companiile acceptă termenii de licențiere. Transparența informațiilor privind brevetele îi ajută pe amelioratori să obțină licență sau să aibă acces la germoplasmă.

5.8. Concluzii

Există o schimbare continuă în ameliorarea plantelor, determinată de progresele tehnologice în diverse domenii, cum ar fi gestionarea informațiilor, statistici și mecanizare, creșterea nivelului de cunoștințe în domeniul fiziologiei, și a bazei genetice a celor mai importante caractere agronomice. Un obiectiv rămâne fix acela de a găsi cea mai bună potrivire posibilă a G ×M, inclusiv prin gestionarea culturilor. În mod evident, amelioratorii utilizează soiuri avansate și reciclează linii ameliorate avansate. Duvick (1984) a făcut referire la trei surse de rezerve genetice disponibile imediat pentru amelioratori; (1) soiuri din ferme, (2) soiuri din câmpurile de selecție avansată și (3) soiuri din câmpurile de selecție preliminare. Amelioratorii sunt conștienți de faptul că o continuă reproducere a pedigreului într-un

sistem închis inevitabil îngustă diversitatea, reducând astfel potențialul viitor pentru câștigul genetic continuu. Privind dincolo de diversitatea genetică prezentă în soiurile noi și strămoșii lor imediați, există un potențial uluitor de mărire a diversității genetice care rămâne disponibilă pentru utilizarea ulterioară. De exemplu, dacă există o viziune conservatoare și adesea prea simplistă a diversității genetice și se presupune că există un nivel mediu al diversității raselor de porumb a 10 tipuri alelice diferite, la doar 60% (20.000) din cele 32.000 de gene, care codifică proteina, identificate, până în prezent în genomul de porumb (Schnable et al., 2009), atunci ar putea să fie posibilă crearea a $10^{20.000}$ genotipuri unice. Pentru plasarea unui genotip unic, sunt necesare aproximativ 2.000 de parcele pe două rânduri, pe suprafața de 1 hectar, deci pentru plantarea tuturor genotipurilor unice ar necesita $10^{19996,7}$ ha, ceea ce reprezintă o suprafață mult mai mare de teren decât suprafața Terrei (14,8 miliarde hectare).

Amelioratorii de plante pentru a avea succes trebuie, prin urmare, să echilibreze nevoile pe termen scurt pentru a crea noi soiuri care îndeplinesc sau depășesc așteptările de performanță, în timp ce generează și evaluează, de asemenea, o nouă diversitate. Acest echilibru poate fi atins prin integrarea diversității noi în programele de ameliorare naționale și internaționale și prin adaptarea germoplasmei exotice și crearea de programe de ameliorare. Pentru a determina care germoplasmă poate fi utilizată din vasta gamă de diversitate disponibilă și să dezvolte cele mai bune strategii pentru a explora și integra în mod eficient această diversitate în soiurile create, reprezintă atât provocări critice, cât și oportunități pentru amelioratorii de plante.

Diversitatea condițiilor de mediu în interiorul și între ferme și într-o anumită zonă geografică și dorința de a avea diversitate genetică utilă la îndemână, sau accesibilă de la mai multe surse exotice, reprezintă o provocare pentru amelioratorii de plante.

Ca urmare a interacțiunii G × M și a necesității de a obține un câștig genetic, există diversitatea în spațiu și în timp, pe măsură ce sunt dezvoltate noi generații de soiuri care să fie adaptate în anumite areale geografice. Folosirea "masivă" a monoculturii la porumb și soia așa cum este descrisă de Heinemann și colab. (2013) este o greșeală, deoarece aceste soiuri prezintă diversitate genetică temporală și spațială. Cu toate acestea, trebuie să ținem cont că potențialul pentru vulnerabilitatea culturilor trebuie monitorizat la nivel național și global.

Utilizarea markerilor moleculari ca o activitate de rutină, oferă oportunități de a facilita utilizarea mai eficientă a diversității genetice, în primul rând, pentru a identifica regiunile genomice în care există o tendință spre o diversitate redusă. În al doilea rând, identificarea unor regiuni genomice importante pentru obiectivele țintă ale selecției. În al treilea rând, identificarea de surse noi și potențial utile de diversitate genetică. Pentru aceasta sunt necesare fonduri publice mai puternice, care să sprijine conservarea, evaluarea și programele de preameliorare. Un sprijin public puternic este, de asemenea, necesar pentru sprijinirea programelor de ameliorare în special în regiuni și culturi care nu se încadrează în modelul programelor de ameliorare finanțate din fonduri private.

Există, fără îndoială, o prioritate mai mare, cea a bunăstării sociale sau a binelui public, decât o bună gestionare și o utilizare optimă a resurselor genetice în serviciul agriculturii. Oferta și disponibilitatea de alimente de înaltă calitate reprezintă baza sănătății și bunăstarea economică a populației, fiind perspectivele pentru creșterea durabilității globale a mediului și a unei societăți civilizate (Bronowski 1973). O aplicație inițială a markerilor moleculari a fost de a înțelege mai bine domesticirea speciilor cultivate; un proces care a avut loc acum 8-10.000 de ani. Versiuni îmbunătățite radical ale

acestor tehnologii, oferă acum perspectivele de a ajuta la conservarea mai eficientă și utilizarea durabilă a diversității genetice care se află nu numai la speciile domesticite, ci și la rudele lor sălbatice; diversitate genetică pe care strămoșii noștri nu au observat-o la începuturile agriculturii. Provocări uriașe sunt puse pe seama agriculturii pentru a îmbunătăți situația globală a productivității într-o manieră durabilă. Există așteptări mari în utilizarea mai eficientă a resurselor genetice vegetale, care pot contribui la atingerea acestor obiective. Este un bun pe termen lung, de aceea este necesară o bună conservare și o accesibilitate mai largă la diversitatea genetică a resurselor genetice sălbatice și domestice. Din punct de vedere financiar, nevoia este minoră în comparație cu alte cheltuieli publice. Pentru bunăstarea continuă a societății, nevoia este vitală. Astfel că, ameliorarea modernă a plantelor va juca un rol mult mai important în viitor.

CAPITOLUL 6

AMELIORAREA ȘI DIVERSITATEA GENETICĂ A PLANTELOR ÎN ROMÂNIA

6.1. Scurt istoric al ameliorării și răspândirii plantelor de cultură în România

Și în România ca peste tot în lume unde există condiții pentru practicarea agriculturii, populația care a trăit pe acest teritoriu a fost obligată să-și asigure hrana și să caute soluții în acest sens. Una din soluțiile de bază a constituit identificarea și îmbunătățirea acelor plante din flora sălbatică, susceptibile să fie folosite ca surse de hrană a populației. Pentru aceasta, plantele identificate au fost luate în atenția omului pentru a le îmbunătăți producția, transformându-le în perioade mari de timp, în ceea ce aveau să devină primele plante domesticite.

Îmbunătățirea a constat prin unele operațiuni simple, empirice, dar cu potențial de a fi transformate în plante de cultură, realizându-se în acest sens unele entități biologice, care aveau să devină mai târziu populații locale sau soiuri autohtone ameliorate.

Această perioadă se înscrie în ceea ce denumim astăzi ameliorarea empirică a plantelor.

Odată cu evoluția generală a societății românești, cunoștințele referitoare la procesele biologice ce se petrec în plante, datorită intervenției omului, s-au dezvoltat și s-au diversificat, încât la un moment dat prin aceste acumulări a fost posibilă trecerea la un alt mod de îmbunătățire a plantelor, la ameliorarea metodică, științifică, sau ceea ce denumim astăzi ameliorarea modernă a plantelor.

6.2. Ameliorarea empirică a plantelor de cultură în România

Atunci când V. C. Munteanu în anul 1900 începea ameliorarea grâului, utilizând în mod premeditat ca metodă de lucru selecția, existau deja în cultură forme de grâu îmbunătățite anterior, de agricultorii locali, denumite de localnici: Bălan Românesc, Grâul de Banat, Roșu de Botoșani, etc. Aceasta dovedește că procesul de ameliorare a grâului în țara noastră, a început cu mult timp în urmă. Astfel de forme îmbunătățite existau și la alte culturi; la fasole (Oușoare de Moldova), la floarea soarelui (Măslinica), la cartof (Roz de Verești), etc.

Ceea ce caracterizează perioada empirică a ameliorării plantelor constă în nivelul scăzut al cunoștințelor în domeniu, cu autori anonimi de „soiuri", reprezentați de țărani, în lupta lor pentru asigurarea hranei. Era o ameliorare empirică, ținând cont de nivelul scăzut al cunoașterii biologiei plantelor iar îmbunătățirile care se realizau se obțineau mai degrabă din instinct și din practica îndelungată; fără o bază – fie și elementară - de cunoștințe. Probabil că îmbunătățirile care se făceau aveau la bază valoarea semințelor alese pentru recolta următoare, de la cele mai viguroase și sănătoase plante.

Pentru țara noastră, etapa ameliorării empirice a plantelor, a constituit o perioadă importantă, întrucât ea a asigurat, pe de o parte, continuitatea procesului de ameliorare, fie el la un nivel modest de abordare a cunoștințelor din domeniu, iar pe de altă parte din acumulările realizate în această perioadă, s-au pus bazele trecerii la o nouă etapă calitativ nouă în ameliorarea plantelor în România– ameliorarea științifică.

6.2.1. Soiurile și populațiile locale - sursă bogată în diversitate

Soiurile și populațiile locale sunt reprezentate de acele asociații de plante, care au indivizi esențial asemănători, dar care se deosebesc de indivizii celorlalte populații, prin una sau mai multe însușiri fenotipice, fiziologice sau de calitate. Acest material local este bine adaptat la condițiile ecologice locale, asigurând producții relativ constante, dar la un nivel destul de scăzut. Această situație își are motivația, în aceia că agricultorii locali preferau înaintea unor producții ridicate, recolte constante în timp. În orice condiții climatice ei reușeau să obțină acele producții care să asigure hrana lor și a familiilor lor - bineînțeles la un nivel destul de modest. Această situație se datorează însușirilor de rezistență la condițiile de mediu precare (secetă excesivă, temperaturi foarte ridicate sau foarte joase, exces de umiditate a solului, terenuri sărace în elemente nutritive, etc), pe care populațiile locale de plante reușeau să le depășească, asigurând cel puțin supraviețuirea lor și a familiilor lor.

În comparație cu formele recent domesticite, populațiile locale au reprezentat un progres în evoluția germoplasmei, ele căpătând un contur fiziologic și morfologic mai bine exprimat, dovedind o bună cunoaștere a omului asupra unor procese biologice ce se petrec în plante. Peste tot în lume unde se practică agricultura, în urma intervenției omului și sub influența factorilor naturali, au fost obținute asemenea populații locale, care au primit diferite denumiri date de agricultorii locali.

În prezent acest material local conservat, fie de locuitorii de la sate (conservare *in situ on farm)*, fie de băncile de gene (conservare *ex situ*) fiind liber de unele însușiri nefavorabile, dar păstrând unele însușiri valoroase de la speciile sălbatice, în special rezistența la factorii de stres biotic sau abiotic, valorifică solurile sărace în

elemente nutritive, este apreciat ca sursă valoroasă de gene pentru ameliorarea plantelor, prin transferul genelor de interes în soiurile moderne. Problema rezistențelor a devenit în prezent unul dintre obiectivele importante ale amelioratorilor. În România, au fost create prin intervenția omului și a selecției naturale asemenea material local ameliorat, ceea ce a făcut posibil evoluția plantelor către un nivel superior al exprimărilor fenotipice valoroase, către ameliorarea modernă a plantelor (Enescu, 1992, Andronescu, 1932, Ionescu Șișești,1956, Moșneaga, 1957, Dincă și Muscaliu, 1967, Mureșan și colab., 1970, Cristea, 1977, 2004, 2006, Ceapoiu și Potlog 1960, Mureșan, 1967, Săulescu 1984, Vrânceanu și colab.,1974, Vrânceanu, 2000).

Pentru că pe teritoriul țării noastre, conform studiilor efectuate de Vavilov, nu-și are originea nici o plantă de cultură, s-a impus introducerea din alte regiuni geografice a plantelor provenite din centrele de origine stabilite de Vavilov. Există certitudinea că atât perioadele cât și căile de introducere s-au petrecut în timpuri diferite iar de cele mai multe ori nu se cunosc date și informații certe în acest sens, există doar anumite ipoteze, dintre care unele cu un nivel de credibilitate mai mic. Se apreciază că primele introduceri la grâu ar fi avut loc cu 2000 de ani în urmă. În aceiași perioadă au fost introduse orzul, mazărea, meiul, etc. Sunt cunoscute perioadele de introducere a porumbului, cu mult mai târziu în comparație cu celelalte culturi, probabil cu 300-350 de ani în urmă.Transformările făcute au condus la formarea în circumstanțele de mediu date a unor entități biologice distincte, pe care și-au pus amprenta condițiile ecologice locale, dar și intervenția omului, fiind denumite ecotipuri locale sau „populații locale”. Toate plantele de cultură, exceptând porumbul, au fost introduse de foarte mult timp, de ordinul a mii de ani.

Foto 6.1. Populații locale de porumb conservate *ex situ* la Banca de Gene Suceava (a- rasa Hăngănesc; b- rasa optac românesc)

Chiar și porumbul deși a fost introdus în România cu 300-350 de ani în urmă, s-a adaptat atât de bine în condițiile ecologice ale țării noastre, încât poate valorifica o mare parte din potențialul genetic al acestei specii. Dovadă sunt suprafețele mari ce se cultivă cu porumb care de peste 100 de ani, ocupă circa 30% din suprafața arabilă a României.

În conformitate cu nevoile sale și cu condițiile de mediu ale țării noastre, țăranul român a exercitat o presiune de selecție, alegând la recoltare „semincerii" cei mai valoroși (știuleți, spice, boabe, tuberculi, bulbi, etc.). În timp, sub presiunea omului, formele introduse inițial au fost transformate, ele devenind mai omogene, mai productive și mai bine individualizate. Astfel apar la un moment dat, grupuri de populații distincte, care sunt încadrate taxonomic în cultivare, în acest caz în cultivare locale sau autohtone, posedând multe caractere de la formele sălbatice din care provin, dar și plasticitate ecologică.

Țăranii au acționat asupra speciilor de plante introduse, apărând astfel numeroase forme locale, dintre care amintim:

Grâul de toamnă: Bălan Românesc, numit și Alb Românesc, Grâu de Banat, Grâu de Tisa, Roșu Românesc, Roșu de Botoșani, Uriaș, etc.

Grâul de primăvară:Ulca și Arnăutul local de primăvară

Orzul de toamnă: Orzul de Banat și Orzul local de toamnă, ambele aparținând speciei *Hordeum vulgare var. pallidum.*

Porumb: Hăngănesc, Cincantin, Moldovenesc, Ardelenesc, Bănățean, Scorumniuc, Românesc comun.

6.3. Ameliorarea metodică (științifică) a plantelor

Debutul ameliorării moderne a plantelor în România poate fi consemnat în anul 1900 când V. Cârnu Munteanu, profesor la Școala Centrală de Agricultură din Herăstrău, începe lucrările de ameliorare a grâului, prin alegerea semințelor pentru recolta viitoare dintre cele mai sănătoase și viguroase plante din soiurile de grâu Bălan Românesc și Uriaș.

După moartea sa în anul 1903, lucrările de ameliorare au fost continuate la Țigănești de Gheorghe Cimpoianu (1878-1937), folosind ca metodă de lucru selecția individuală din grâul Bălan Românesc. Printre obiectivele de ameliorare urmărite la grâu erau rezistența la rugină, la ger, cădere și precocitatea**.** În anul 1913, depășește faza selecției în masă și individuală și începe un program de încrucișări, folosind pentru aceasta grâul Bălan Românesc și soiul Squaehead, cunoscut pentru acea vreme pentru rezistența sa la cădere.

Abordarea metodică a ameliorării plantelor în țara noastră are loc în momentul când plantele cultivate în acea vreme suferiseră lucrări de îmbunătățire, efectuate anterior de agricultorii locali. „Soiurile sau populațiile locale” dovedesc că începutul perioadei de ameliorare metodică în România nu s-a produs pe un teren „viran”,

existând deja populații locale ușor îmbunătățite prin așa zisa ameliorare empirică. Mai trebuie subliniat faptul că ameliorarea metodică nu s-ar fi putut declanșa dacă amelioratorii români nu ar fi reușit să fie informați cu noile descoperiri în biologie, îndeosebi descoperirile realizate de Mendel, referitoare la legile eredității, precum și de alte descoperiri făcute ulterior, care au produs o adevărată revoluție în gândirea și practica amelioratorilor și geneticienilor din țara noastră.

Prezentarea și analiza activității de ameliorare a plantelor în România, de la începuturile ei (1900) și până astăzi, pe o perioadă de peste un secol, o vom împărți în trei etape:

- 1900-1957–perioada creării primelor soiuri prin ameliorare științifică;
- 1960-1989 –perioada practicării unei agriculturi moderne, intensive;
- 1990-până astăzi – perioada privatizării agriculturii, a economiei de piață și a importurilor masive de sămânță;

6.3.1. Perioada creării primelor soiuri prin ameliorare științifică

După ce V. Cârnu Munteanu a deschis calea ameliorării moderne a plantelor, au urmat o serie de amelioratori care au extins și adâncit procesele de ameliorare. Astfel Cimpoianu a avut în atenție nu numai rezistența la cădere ci și la temperaturi scăzute, la boli foliare, îndeosebi la rugini și ameliorarea calității boabelor. De asemenea, el introduce în ameliorare metode noi, precum selecția individuală, ceea ce a constituit un însemnat progres în abordarea lucrărilor de ameliorare. Mai mult, în anul 1913, extinde metodele de selecție, introducând hibridarea între soiuri, ca metodă de ameliorare. Se extind

lucrările de ameliorare și la alte plante, precum sfecla de zahăr, porumb, floarea soarelui, fasole, mazăre, cartof, etc.

În urma activității depuse de Cimpoianu, se obțin soiurile de grâu Cimpoianu 148 și Cimpoianu 174, iar la sfecla de zahăr soiul Cimpoianu 11, soi care s-a impus prin rezistență la cercosporioză (Saru, 1942). La porumb a creat soiul Dinte de cal de Țigănești, folosind selecția individuală, varianta „un știulete pe rând". Cu aceste rezultate,Cimpoianu este recunoscut ca și creator al primelor soiuri la plantele de cultură, în România.

În 1912 lucrările de ameliorare sunt continuate de C. Sandu Aldea, la Școala Superioară de Agricultură de la Herăstrău, prin folosirea metodei „selecția de linii pure", din grânele Bălan Românesc, de Banat, de Tisa și a soiului Uriaș. C. Sandu Aldea creează o serie de linii de grâu valoroase, dar care s-au pierdut din cauza războiului. După terminarea războiului C. Sandu Aldea continuă lucrările de ameliorare, folosind ca metode de ameliorare hibridarea și selecția, efectuând încrucișări între mai multe soiuri, ex; Bălan Românesc x Squaeheand, de Banat x Arnăut, Arnăut x Ghinea, Arnăut x Tukestan, obținând o serie de linii valoroase: liniile 224, 22, 53. Tot în această perioadă C. Sandu Aldea a elaborat un manual de ameliorare cu denumirea „Ameliorarea plantelor agricole", fiind apreciat pe drept cuvânt, ca fiind cel mai important ameliorator român pentru acele vremuri.

O altă personalitate importantă a acestui debut al ameliorării moderne a plantelor în România este Gheorghe Ionescu Șișești, care și-a început activitatea în anul 1911, tot la Școala Superioară de Agricultură din Herăstrău. A extras linii pure din populațiile locale de grâu și a aplicat selecția în masă pe o formă de grâu polimorf, a separat forme de grâu cu spicul alb, aristat și cu bobul roșu. Aceste forme omogenizate au stat la baza creării soiului de grâu A15, soi

apreciat în zonele din sudul și estul României, pentru rezistența la secetă și la temperaturi scăzute.

În această perioadă, în Transilvania Koloman Knopi, (1911) începe ameliorarea grâului la ferma Odvos, pe valea Mureșului. Folosind metoda „liniei pure" și hibridarea, Knopi a creat soiurile de grâu Odvos3, Odvos 31, Odvos 156, Odvos 241 și altele. Dintre aceste soiuri s-a remarcat Odvos 241 care a fost raionat în vestul și centrul Transilvaniei (Anghel Gh.,1942)

Tot în aceiași perioadă Wilhem Stepani, începe ameliorarea grâului, a plantelor furajere și a cartofului la ferma Bodd din Județul Brașov.El obține soiurile de grâu de toamnă Stefani 171 și D 16.

Tot atunci s-a consemnat înființarea Societății Naționale de Agricultură, care a avut printre preocupările sale și ameliorarea plantelor. Organizația s-a remarcat prin măsurile luate de a colecta de pe întreg cuprinsul țării, material vegetal de la toate speciile cultivate în acea perioadă în țara noastră. Eșantioanele colectate au fost studiate în acea vreme la ferma Herăstrău, după 1919 la ferma Băneasa, iar după 1921 la ferma Moara Domnească.

La 4 mai 1927 s-a înființat **Institutul de Cercetări Agronomice al României** (I.C.A.R.) constituind practic începutul unei dezvoltări importante a științelor agricole în România. I.C.A.R.-ul, condus de Gheorghe Ionescu-Şişeşti, precum şi Facultăţile de Agronomie de la Bucureşti şi Cluj s-au constituit în centre de formare a unor specialişti bine pregătiţi, specializaţi apoi în diferite centre de cercetare în ţările cu agricultură dezvoltată.

După 1948, însă, alinierea la teoriile neo marxsiste ale lui T. D. Lîsenko şi la falsa genetică lansată de acesta, sau la tehnologia bazată pe asolamente neeconomice de lungă durată, s-a transformat din opinie ştiinţifică în orientare ideologică obligatorie. Cu toate condiţiile vitrege create, trebuie menţionată activitatea ştiinţifică a Laboratorului

de ameliorare a porumbului condusă de cercetătorul Vladimir Moşneagă, care a continuat crearea de linii consangvinizate, ascunzând materialele biologice în culturile de cânepă, abutilon şi floarea-soarelui. Printre efectele nefaste pe care le-a avut implicarea politicului în cercetare trebuie menţionate: îndepărtarea din învăţământ şi din cercetare a unor personalităţi, considerate prea ataşate concepţiilor ştiinţei „occidentale", orientarea greşită şi stagnarea cercetărilor de genetică şi citogenetică, cât şi izolarea tot mai pronunţată de progresele realizate în ştiinţa agricolă pe plan internaţional (INCDA Fundulea, 50 de ani de activitate de cercetare științifică în sprijinul agriculturii, http://www.incda-fundulea.ro).

6.3.2. Perioada practicării agriculturii moderne, intensive

Efectele preponderenței politicului asupra ştiinţei s-au reflectat curând şi în decalajul crescând între performanţele agriculturii occidentale şi cele ale agriculturii noastre. Cea mai evidentă a fost situaţia din cultura porumbului, unde generalizarea cultivării hibrizilor dubli, împreună cu metodele ştiinţifice de fertilizare şi irigare, sortimentul modern de erbicide, insecto-fungicide etc., a condus în Statele Unite la o creştere substanţială a producţiilor. Cea mai puternică lovitură primită de către agricultura românească a fost transformarea forţată, grăbită, cu tendinţa de a se realiza într-un ritm alert, transformarea agriculturii private în agricultură cooperatistă şi de stat. A fost lichidată agricultura privată, cu tot ceea ce a acumulat în multe generaţii. În aceste condiţii, agricultura, cea mai importantă ramură a economiei naţionale, şi-a redus simţitor participarea la dezvoltarea ţării, slăbită de pierderile din cel de-al doilea război mondial (ICDA Fundulea, 60 de ani de cercetare științifică în sprijinul agriculturii).

In anul 1956 au fost introduși primii hibrizi de porumb străini în România. Producțiile obținute au fost apreciate ca fiind remarcabile.

În anul 1957 s-a înființat **Institutul de Cercetări pentru Cultura Porumbului** (I.C.C.P.) Fundulea, cu următoarele obiective de cercetare:

- experimentarea hibrizilor de porumb creaţi de alte ţări pentru a selecta şi recomanda pe cei ce se potriveau condiţiilor de climă şi sol, din diferite zone ale României;
- colectarea, inventarierea şi studierea formelor locale (populaţii şi soiuri) de porumb în vederea conservării şi valorificării resurselor genetice vegetale naţionale;
- crearea de linii consangvinizate, pornind de la soiuri şi populaţii locale de porumb, care să permită obţinerea de hibrizi dubli şi simpli de porumb, cu mare productivitate şi a altor însuşiri superioare, corespunzători zonelor naturale de cultură a porumbului din ţară;
- înmulţirea liniilor consangvinizate şi producerea celor mai valoroşi hibrizi, precum şi îndrumarea şi controlul producerii de sămânţă hibridă;
- elaborarea tehnologiilor adecvate cultivării hibrizilor de porumb în România: sistemul de arătură şi întreţinere a culturii porumbului, folosirea economică a îngrăşămintelor minerale şi organice;
- stabilirea succesiunii culturilor care să permită folosirea eficientă a terenului şi a condiţiilor în care porumbul asigură cele mai bune condiţii pentru cultura ulterioară a grâului şi orzului;
- crearea de hibrizi pentru cultura irigată a porumbului, în perspectiva extinderii irigaţiei în România;
- recomandarea celui mai adecvat set de maşini pentru cultivarea porumbului pe terenuri irigate sau neirigate;

- analiza economicităţii culturii porumbului şi sprijinirea extinderii rezultatelor cercetării în agricultura întregii ţări.

O acţiune asemănătoare a fost iniţiată în anul 1958 şi la grâu, constatându-se faptul că şi la această specie, soiurile cultivate erau depăşite de soiuri din S.U.A., Italia şi fosta U.R.S.S., soiuri obţinute ca rezultat al unor progrese în ameliorare mai dinamice şi cu o mai bună fundamentare ştiinţifică.

Pe această bază au fost iniţiate programe de producere de sămânţă, care au asigurat generalizarea rapidă a hibrizilor de porumb şi introducerea unor soiuri de grâu intensive şi mai productive.

În anul 1961, Institutul de Cercetări pentru Cultura Porumbului de la Fundulea (ICCP) se unifică cu Institutul de Cercetări Agronomice al României (ICAR), formându-se Institutul de Cercetări Agricole care devine în mai 1962 Institutul de Cercetări pentru Cereale și Plante Tehnice, cu sediul la Fundulea, judeţul Călăraşi (I.C.C.P.T. Fundulea). Institutul trece în subordinea Institutului Central de Cercetări Agricole (I.C.C.A), ca for conducător al tuturor cercetărilor din agricultură, funcţie preluată ulterior (1969) de Academia de Ştiinţe Agricole și Silvice (A.S.A.S.), instituţie care reapare astfel la exact un sfert de veac după ce regimul totalitar o desființase.

În acest timp au fost reorganizate pe baze noi, activitatea de cercetare, ca și reţeaua experimentală de staţiuni coordonate ştiinţific de institut. Lucrările de ameliorare a plantelor s-au concentrat iniţial la Fundulea, Turda, Lovrin, Podu-Iloaiei, Braşov și Dobrogea (Valu lui Traian), dar, pe parcursul timpului, reţeaua centrelor de ameliorare a suferit unele modificări, prin desfiinţarea centrelor de la Podu-Iloaiei și Dobrogea și prin înfiinţarea de noi centre de ameliorare la Suceava, Albota, Teleorman, Caracal, Livada și Secuieni etc.

În anul 1967, întreaga tematică de cercetare a culturii cartofului și sfeclei de zahăr a fost preluată de Institutul de Cercetări pentru Cartof și Sfeclă de Zahăr de la Brașov, iar tematica privitoare la plantele medicinale și aromatice a fost preluată de o unitate specializată înființată în anul 1976, tot în Fundulea.

În anii ’60-’70 dr. ing. A. V. Vranceanu crea, în premieră mondială, primii hibrizi de floarea-soarelui, iar acad. N. N. Saulescu breveta principalele soiuri de grâu în România.

În anul 1975, ca o recunoaștere a priorităţilor românești în genetica florii-soarelui, dr. ing. Alexandru Viorel Vrânceanu a fost numit coordonatorul reţelei internaţionale de cercetare F.A.O., în acest domeniu.

În perioada 1968-1971, Programul Naţiunilor Unite pentru Dezvoltare a acordat României un sprijin consistent pentru dezvoltarea lucrărilor de cercetare agricolă și în special a celor de ameliorare și producere de sămânţă la culturile de câmp, sprijin care a avut o influenţă semnificativă asupra eficienţei acestor lucrări.

S-a continuat lărgirea bazei de informaţii ştiinţifice prin perfecţionarea sistemului de documentare la nivel de A.S.A.S., dezvoltarea relaţiilor de colaborare cu partenerii existenţi și încheierea de noi contacte de colaborare cu universităţi de stat americane, precum cele din Nebraska, Iowa din S.U.A., Guelph, Ottawa, Winnipeg din Canada, cu Centrul Internaţional pentru Ameliorarea Porumbului și Grâului (CIMMYT) din Mexic, cu Institutul Naţional de Cercetări Agricole din Argentina și cu instituţii europene, precum Reţelele Europene ale F.A.O. pentru porumb, floarea-soarelui și soia, cu institute de cercetare și universităţi din Spania, Germania, fosta Iugoslavie, Bulgaria, cu firme străine, precum Pioneer din S.U.A., COOP de Pau și Rustica din Franţa, Nordsaat din Germania și altele. Această acţiune de modernizare și de aliniere la nivelul cercetărilor pe

plan mondial a avut efecte imediate, de accelerare a progresului genetic prin crearea de noi genotipuri la toate plantele agricole și de îmbunătățire a orientării cercetărilor de agrofitotehnie și de protecţia plantelor (ICDA Fundulea, 60 de ani de cercetare științifică în sprijinul agriculturii, 2017,http://www.incda-fundulea.ro)

Referitor la finanţarea activităţii de cercetare dezvoltare, începând cu anul 1970 s-a trecut la sistemul de contractare a fondurilor necesare pe programe, Ministerul Agriculturii având calitatea de ordonator de credite. În acest context, alocarea de fonduri, s-a realizat la nivel național, repartiţia acestora realizându-se pe programe de cercetare. Acestea s-au circumscris în jurul culturilor de cereale, leguminoase pentru boabe, plante oleaginoase, plante furajere, etc. precum și în jurul cercetărilor de genetică, cu aprofundarea studiilor asupra citogeneticii și geneticii moleculare, etc.

6.3.3. Perioada privatizării agriculturii și a economiei de piață

După anul1990, întreaga țară a intrat într-un proces lung al democratizării, fiind necesare schimbări structurale și funcționale în toate domeniile de activitate, inclusiv ale cercetării agricole. Din păcate procesul de reorganizare a durat foarte mult timp, numai după apariția Legii cercetării în agricultură (154/2009) s-a pus problema reorganizării tuturor instituțiilor de cercetare agricolă, care s-a încheiat abia în anul 2019.

În aceste condiții cercetarea din agricultură, a intrat într-un pronunțat declin, mult mai accentuat decât în alte domenii de activitate. Autoritățile au neglijat acest domeniu, iar institutele de cercetare, lipsite de finanțare și cu o baza materială învechită, nu au mai reușit să obțină rezultate notabile. Au existat excepții, fără a deveni însă un curent general. Piața s-a umplut de importuri, de la semințe de porumb, floarea soarelui la semințe legume etc.

Prin privatizarea agriculturii, mult teren a fost retrocedat vechilor prorpietari, iar instituțiile de cercetare au pierdut între 30-70% din suprafețele ce le aveau în folosință.

Datorită lipsei finanțării s-au redus activități, au fost desființate programe de cercetare, s-a întrerupt colaborarea dintre institute și centre de cercetare și s-a pierdut material genetic valoros, prin lipsa condițiilor de păstrare, în toate instituțiile de cercetare agricolă din România.

În această perioadă au avut loc importante modificări privind statutul instituţional, resursele funciare, de infrastructură, resursele umane, precum și cele corelate cu toate acestea, cele cu privire la tematica de cercetare, într-o continuă adaptare la prioritățile în schimbare, ale agriculturii naţionale.

Toate unitățile de cercetare au căutat soluții de supraveţuire, în condițiile în care finanțarea până în anul 2018 a fost numai din venituri proprii.

Deși întreaga rețea de cercetare din România, a intrat într-o perioadă de subfinanţare progresivă, prin diminuarea semnificativă a fondurilor alocate de la bugetul statului, prin proiecte de C-D, multe unități de cercetare au continuat studiile pe baza surselor proprii de finanțare sau cu ajutorul proiectelor de cercetare, realizând modernizarea bazei tehnico materiale a activităților de cercetare și dezvoltare. Astfel, sunt de menţionat noile dotări realizate numai la instituțiile de cercetare care au accesat proiecte naționale sau internaționale, privind aparatura și echipamentele de cercetare, cele cu referire la mașinile și echipamentele specifice câmpurilor experimentale, utilajele și echipamentele de câmp de interes general, investiţiile privind sporirea capacităţii, calităţii și eficienţei tehnologice în domeniul procesării și stocării seminţelor și, nu în cele din urmă, îmbunătăţirile semnificative în domeniul tehnicii de calcul.

Ca urmare a importanței soiurilor și hibrizilor în creșterea producției agricole la cele mai răspândite culturi din țara noastră, toate instituțiile de cercetare agricole de profil, au desfășurat programe de ameliorare a tuturor speciilor de plante utile pentru agricultură și alimentație.

Pentru a exemplifica aportul deosebit de important al cercetării științifice în acest domeniu pentru agricultura țării noastre, în tabelul 6.1. este prezentat numărul de soiuri și hibrizi creați de-a lungul timpului la principalele plante de cultură (Păcurar I., 2007).

Tabelul 6.1.

Soiurile și hibrizii de cereale, leguminoase pentru boabe, plante tehnice și furajere, creați în România în perioada 1957-2006 (Păcurar I., 2007)

Nr. crt.	Cultura	Număr total de soiuri/hibrizi	Număr de soiuri/hibrizi creați în perioada 1990-2006
	Cereale păioase	**142**	**77**
1.	Grâu comun de toamnă și primăvară	67	31
2.	Grâu durum de toamnă și primăvară	6	3
3.	Secară de toamnă și primăvară	9	2
4.	Triticale de toamnă și primăvară	13	6
5.	Orz de toamnă și primăvară	32	25
6.	Orez	9	6
7.	Ovăz	6	4
	Leguminoase pentru boabe	**50**	**29**
8.	Mazăre	10	6
9.	Fasole	16	6
10.	Soia	20	14
11.	Năut	4	3
	Porumb + sorg	**129**	**85**

12.	Porumb	113	76
13.	Sorg	16	9
	Oleaginoase	**63**	**42**
14.	Floarea - soarelui	40	21
15.	Rapiță de toamnă	1	1
16.	Ricin	6	4
17.	In de ulei	16	16
	Plante textile	**31**	**22**
18.	In fibre	24	18
19.	Cânepă	5	4
20.	Bumbac	2	-
	Plante furajere	**89**	**64**
21.	Legumin. furajere perene	33	24
22.	Legumin. furajere anuale	5	3
23.	Graminee furajere perene	18	12
24.	Graminee furajere anuale	20	16
25.	Suculente	13	9
	Total soiuri și hibrizi	**504**	**319**

Din datele prezentate în tabelul 6.1. se constată că ritmul de creare a soiurilor și hibrizilor, după anul 1990 a crescut cu peste 300, respectiv cu circa 20 de genotipuri anual (Păcurar I., 2007).

6.4. Originea, evoluția și ameliorarea germoplasmei de grâu în România

Primele boabe și spiculețe de grâu carbonizate au fost identificate în săpăturile de la Jarna din Irak, având o vechime de aproximativ 6700 de ani, ele aparținând speciilor *Triticum boeticum, Ttriticum aegilopsoides, Triticum dicoccoides și Triticum dicoccum.*

Pentru prima dată omul ar fi luat în cultură grâul la începutul mileniului al 7 lea î.e.n., părăsind folosirea speciilor sălbatice. Din centrul de origine, grâul s-a extins în întreaga lume, ajungând și în țările europene.

În țara noastră, conform descoperirilor de la Cucuteni, Județul Iași, grâul este cunoscut din Neoliticul Superior și din epoca bronzului

3000-1000 de ani î.e.n. Speciile folosite de strămoșii noștri au fost *Triticum monococcum (*specie întâlnită și în prezent, sporadic în unele sate din Munții Apuseni). *T. dicoccum, T. compactum și T. spelta* (Vasiliu, 1974).

Întrucât *T. aestivum* a fost luată în cultură la sfârșitul mileniului trei î.e.n., fiind ușor de treierat, având bobul golaș, se poate aprecia, că această specie a fost cultivată și în țara noastră încă din epoca bronzului.

Foto 6.2. Populație locală de *Triticum monococcoum (a-* conservată *on farm* în loc. Glod, Jud. Alba; b- semințe de *Triticum monococcum)*

Despre cultura grâului în Moldova, în Câmpia Dunării și în alte zone ale României de astăzi, se fac referiri ocazionate de expedițiile lui Darius, regele perșilor, împotriva sciților (531, î.e.n.) care locuiau în Câmpiile Europei Orientale, precum și în comerțul extins cu grâu al geto dacilor cu coloniile grecești de pe malul Mării Negre și cu frații lor traci din sudul Dunării, extinzându-se spre răsărit în sudul Moldovei, iar spre apus în Câmpia Panonică. Despre cultura grâului în Câmpia Dunării se fac referiri cu ocazia expediției lui Alexandru cel Mare, împotriva geto-dacilor în anul 395 î.e.n.

La grâu, cercetările efectuate la început la Fundulea, după care și la stațiunile zonale înființate (SCDA Turda, SCDA Suceava, SCDA Lovrin, SCDA Șimnic b,SCDA Podu Iloaiei,etc.) au avut ca obiectiv să contribuie la modernizarea bazei genetice a producţiei de grâu în România. Îmbunătăţirea continuă a structurii soiurilor de grâu, reflectată de evoluţia ponderii acestora în producerea de seminţe, a parcurs de-a lungul timpului mai multe etape distincte.

Prima etapă a constituit-o modernizarea bazei genetice prin introducerea soiurilor străine relativ intensive. Începând din 1958 Institutul de la Fundulea a organizat testarea unor soiuri noi importate din fosta U.R.S.S., S.U.A., Italia, Austria, Bulgaria etc. Rezultatele acestor experimentări au demonstrat că progresul genetic realizat în ameliorarea grâului în unele din aceste ţări, îndeosebi în perioada 1940-1955, depășea pe cel realizat în ţara noastră, soiurile românești create până în 1957 având talie înaltă, slabă rezistenţă la cădere și potenţial de producţie scăzut, mai ales în condiţiile unei agriculturi mai intensive. La recomandarea Institutului de la Fundulea, unele din soiurile străine experimentate, care s-au dovedit superioare vechilor soiuri românești, atât ca producţie, cât și ca pretabilitate pentru recoltarea mecanizată, printre care soiurile Triumph, Concho, Ponca (din S.U.A.), San Pastore (din Italia), Nr. 301 (din Bulgaria), Harrach (din Austria) și mai târziu, Bezostaia 1 (din fosta U.R.S.S.), au fost introduse și s-au extins rapid în producţie, ceea ce a reprezentat, la acea vreme, un important element de progres în cultura grâului. Nefiind competitive, soiurile vechi românești, cultivate până în anul 1959 pe întreaga suprafaţă, au fost eliminate din cultură în decursul a numai 5 ani, soiurile străine ajungând să ocupe în 1963, mai mult de 90% din suprafața cultivată cu grâu.

Deși superioare soiurilor vechi românești, soiurile străine introduse în agricultura României după anul 1959 au dovedit că nu

sunt adaptate condițiilor ecologice, caracteristice ţării noastre, (perioadă lungă de vegetație, rezistența slabă la factorii de stres abiotic sau biotic). De aceea, în paralel cu experimentarea soiurilor străine, au fost inițiate la Fundulea, Turda, Suceava și la alte stațiuni din țară, lucrări de hibridare pentru crearea primelor soiuri intensive de grâu comun de toamnă, mai adaptate condiţiilor pedoclimatice din România. După reorganizarea cercetării agricole din anul 1962, a fost transferat la Fundulea și programul de ameliorare de la I.C.A.R., ceea ce a consolidat baza genetică pentru viitoarele progrese în ameliorarea grâului. Primele rezultate semnificative în această direcţie au fost obţinute prin încrucișarea între soiul București 1, un soi cu bună adaptabilitate dar insuficient de rezistent la cădere, creat la I.C.A.R., și soiul rusesc Skorospelka 3, timpuriu și intensiv, dar insuficient de adaptat condiţiilor climatice de la noi. Din această combinaţie hibridă au fost selectate primele soiuri rezultate din programul de ameliorare de la Fundulea, soiurile Excelsior și Dacia, omologate în anul 1971. Soiul Dacia s-a bucurat de cel mai mare succes, ajungând să se extindă în anul 1977 pe 36% din suprafaţa cultivată cu grâu în România, dar alături de acesta, soiurile Iulia și Ceres s-au răspândit și ele pe suprafeţe mari, de peste 200.000 ha. Soiul Fundulea 29, creat prin selecţie din combinaţia dintre soiul rusesc Aurora și soiul american Riley 67, și-a câștigat rapid o mare popularitate prin capacitatea sa productivă și prin nivelul superior de rezistenţă la făinare, la rugină brună și la fuzarioza spicelor, pe care îl prezenta la data introducerii în producţie. Datorită acestor însușiri, soiul Fundulea 29 a ajuns să fie cultivat în anul 1988 pe circa 40% din suprafaţa totală de grâu din România. În același timp, prin performanţele sale, soiul Fundulea 29 a prilejuit prima recunoaștere internațională a realizărilor programului de ameliorarea grâului de la Fundulea, situându-se, în anii 1980 și 1981, pe primul loc în cultura comparativă internaţională organizată

de Universitatea Nebraska din S.U.A. O etapă superioară în evoluţia bazei genetice a culturii grâului în România a constituit-o crearea primelor soiuri semipitice de grâu de toamnă adaptate condiţiilor pedoclimatice din sudul ţării. Soiurile de grâu de primăvară semipitice, purtătoare ale genei RhtB1b, create în Mexic, au fost motorul cunoscutei „revoluții verzi”, fiind nu numai rezistente la cădere, dar și mai productive datorită alocării unei părţi mai mari a asimilatelor către producţia de boabe. Folosirea în ameliorarea grâului de toamnă a avantajelor conferite de această genă de reducere a taliei s-a dovedit mai dificilă, mai ales în zonele cu climat mai aspru, din cauză că talia scurtă era asociată în majoritatea cazurilor atât cu sensibilitatea la iernare, precum și cu o umplere defectuoasă a boabelor, datorată insuficientei rezistenţe la secetă și arșiţă. Punctul de cotitură în crearea unor soiuri semipitice de grâu de toamnă adaptate condiţiilor pedoclimatice din sudul ţării l-a constituit identificarea în materialul segregant obţinut la Staţiunea Lovrin din combinaţia hibridă Ranniaia 12 x Nadadores 63 x Lovrin 12, a unei descendenţe care combină talia scurtă cu o bună rezistenţă la iernare și o foarte bună umplere a boabelor, datorată unei rezistenţe superioare la secetă și arșiţă. Această descendenţă, devenită ulterior soiul Flamura 80, a stat la baza progreselor ulterioare în ameliorarea grâului în România, regăsindu-se direct sau indirect în genealogia marii majorităţi a soiurilor lansate în România în ultimele trei decenii. De asemenea soiurile de grâu create la Stațiunea Turda, Arieșan, Dumbrava, Apulum, Codru, Andrada, Pădureni, au acoperit necesarul de semințe pentru zona Transilvaniei. Stațiunea de Cercetări Agricole de la Suceava, prin soiurile brevetate a asigurat necesarul de semințe pentru partea de nord și nord est a României (Bucovina, Suceava 84, Magistral, Gașparom, Esențial, Drobeta, Voroneț).

Foto 6.3. Soiul de grâu Andrada creat la SCDA Turda (2012)

Stațiunile Șimnic și Lovrin au furnizat semințe pentru partea de sud a României (Lovrin 34, Alex, Romulus, Ciprian, Șimnic 30, Briana), iar Stațiunea Podu Iloaiei pentru estul țării (Moldova 3, Gabriela, Eliana, Iași 2, Beti). Primele soiuri de grâu semipitice create în țara noastră au constituit germoplsma care a contribuit la **diversificarea bazei genetice a grânelor semipitice adaptate condiţiilor din România**, prin introducerea de gene pentru precocitate, pentru rezistenţă la principalele boli și pentru productivitate.

Cumularea treptată a genelor favorabile exprimării unui potenţial ridicat de producţie, datorată utilizării în ameliorare a unei germoplasme diverse și selecţiei efectuate în condiţii de mediu adesea contrastante, s-a reflectat în **creșterea continuă a potenţialului de producţie** a soiurilor create.

Foto 6.4. Soiul de grâu Voroneț (SCDA Suceava)

Progresul genetic realizat pentru producţia de boabe a fost evaluat prin diferite metode la 50-53 kg/ha/an (1,1% pe an), fiind similar cu cel realizat în ţări cu mare tradiţie în ameliorarea grâului. Îmbunătăţirea potenţialului de producţie a fost însoţită de menţinerea și în multe cazuri de **ameliorarea potenţialului calităţii de panificaţie**, majoritatea soiurilor create în țară fiind apreciate cu însușiri de panificație superioare. Concomitent s-au realizat progrese în ameliorarea unor caractere esenţiale pentru **stabilitatea recoltelor**, ca precocitatea, rezistenţa la cădere, rezistenţa la principalele boli și la condiţii nefavorabile de mediu. În același timp a crescut diversitatea sortimentului de soiuri de grâu cultivat în ţară, ceea ce reduce vulnerabilitatea genetică a culturii la factorii biotici și abiotici, contribuind astfel la stabilitatea recoltelor. Cele 50 de soiuri de grâu create în țară în ultimele șase decenii s-au impus treptat și succesiv în preferinţele multor cultivatori, ajungând să fie cultivate pe aproximativ 80% pe terenurile destinate cultivării grâului în România.

După ce în deceniile anterioare, România cultivase pe suprafeţe foarte mari soiuri de grâu străine, datorită progreselor realizate de programul de ameliorare, unele dintre **creaţiile autohtone au fost introduse în agricultura altor ţări**. Astfel, de exemplu, soiul Fundulea 29 a fost înregistrat pentru cultivare în Canada, soiul Fatima 2, creat în colaborare cu Institutul din Martonvasar, a fost înregistrat în Ungaria, iar în prezent soiul Glosa se cultivă, de asemenea, în această ţară sub numele de Kungloria. În Turcia a fost introduse în cultură soiurile: Flamura 85, Dropia și Glosa, acestea fiind apreciate pentru potenţialul de producţie și mai ales pentru calitatea lor superioară de panificaţie. Recent soiul Glosa a fost înregistrat și în Republica Moldova, iar soiul Izvor se cultivă în Argentina sub denumirea de Lenox. Linii de grâu create la Fundulea au fost înregistrate în Republica Kirghiză (Almira), Turcia (Harmankaya) și Bulgaria (Albena).

Rezultatele obţinute în ultimele decenii au creat o bază solidă pentru progrese viitoare în ameliorarea de soiuri de grâu adaptate condiţiilor din România. Soiurile create, care și-au confirmat, pe mari suprafeţe, performanţele și adaptabilitatea la condiţiile diferitelor zone de cultură a grâului, pot constitui baza pe care se vor construi, prin recombinare și introducerea unor noi gene favorabile, soiurile viitorului. Programul de hibridări îndepărtate, desfășurat de mulţi ani, ca și schimburile de material biologic cu importante colective de specialiști din întreaga lume, au furnizat numeroase surse de gene valoroase, care au fost deja introduse în programele de hibridări. Există, de asemenea, premisele unor progrese pentru realizarea unor obiective de ameliorare, devenite prioritare ca urmare a schimbărilor climatice sau ca efect al preocupărilor crescânde pentru o alimentaţie sănătoasă și pentru o agricultură durabilă sau ecologică. Îmbunătăţirea continuă a metodologiei de ameliorare, cât și mărirea preciziei de

selecţie prin ameliorarea asistată de markeri moleculari și îmbunătăţirea medodologiei de triere artificială, în condiţii de climat dirijat în câmp, pentru rezistenţa la factorii de stres biotic și abiotic, va permite accelerarea progresului genetic și totodată reducerea vulnerabilităţii genetice a culturii, contribuind la stabilitatea recoltelor (ICDA Fundulea, 60 de ani de cercetare științifică în sprijinul agriculturii).

6.5. Originea, evoluția și ameliorarea germoplasmei de porumb în România

Fiind o specie de mare interes pentru România, porumbul a beneficiat de numeroase studii științifice, care surprind stadiul evoluției la un moment dat. Astfel Radianu, 1906, Enescu, 1922, Andronescu, 1933, Ionescu Șișești, 1938, Moșneaga, 1957, Mureșan și colab., 1967, Cristea 1977, 2004, Murariu M. și colab, 2012, etc, au adus contribuții importante la analiza diversității porumbului în România.

Există convingerea că toate porumburile introduse inițial în România au fost de tip indurat și au aparținut aceleiași subarietăți, vulgata. Așadar până la jumătatea secolului al XIX-lea, când s-au introdus rasele Cincantin și Pignoletto, din Italia, s-au cultivat populații îmbunătățite de țărani, introduse din diferite zone ale lumii, care au fost supuse ulterior procesului de selecție empirică de către localnici. O prezentare mai completă asupra acestor porumburi a fost făcută de Enescu în anul 1922, în lucrare „Porumburile Românești”.

Conform informațiilor prezentate în lucrare, în jurul anului 1900, în România, formele locale de porumb aveau următoarea răspândire:

1. În Câmpia Olteniei și a Munteniei se cultiva porumbul Românesc comun, porumb cu capacitate de producție

satisfăcătoare, cu boabe de culoare galbenă, știuleți cilindrici,10-16 rânduri de boabe;

2. În partea de nord a Olteniei și Munteniei, dominată de dealuri, se cultiva porumbul Scorumnic, cu 8 rânduri de boabe, motiv pentru care era denumit de cultivatorii din zonă Optac. Are bobul mare, turtit, iar știuletele are lungimea de 16-18 cm. În Muntenia, de asemenea se afla în curs de extindere porumbul Pignoletto, iar în partea de răsărit a acestei regiuni se cultiva porumbul dinte de cal, varietatea dentiformis, subvarietatea flavorubra, cu bobul galben-portocaliu, aplatizat cu mișuna galbenă. Tot în Oltenia, în județele Mehedinți și Gorj, se cultiva forma de porumb cu bobul alb, aparținând varietății indurata, subvarietatea alba.
3. În Moldova dominau două forme: porumbul Moldovenesc Comun și Hăngănesc. După Cârnu Muntreanu (1900), din porumbul Moldovenesc Comun s-ar fi format rasa Hăngănesc. Tot aici se cultiva și rasa Cincantin, iar în sudul Moldovei se cultiva porumbul Pignoleto;
4. În Transilvania și Banat se cultiva porumbul Ardelenesc timpuriu, varietatea indurata, subvarietatea vulgata, cu bobul mare, aplatizat, galben lucios, știuleți cu 8 rânduri de boabe. Tot în Transilvania (Târgul Secuiesc) se cultiva porumbul Secuiesc, care a fost obținut din încrucișarea unei populații locale din Odorhei cu porumbul Cincantin, urmat de selecție. În centrul Transilvaniei se cultiva porumbul Ardelenesc Comun, var. indurata, subvarietatea vulgata, cu bobul prismatic, de culoare galbenă aurie. În județul Hunedoara (loc. Lăpușnic) se cultiva porumbul Lăpușneac, format probabil din încrucișarea naturală între

mai multe forme de porumb american, de tip indurat, urmată de selecție. Tot în aceste zone se cultiva pe suprafețe mai reduse, porumbul alb unguresc, timpuriu, cu 8 rânduri de boabe, în cultura a doua, după rapiță. De asemenea, se cultiva porumbul Bănățean format din porumbul Românesc Comun din Oltenia, avea plante viguroase, perioadă de vegetație lungă, știuleți de 16-18 cm lungime și boabe galbene aurii.

Un numitor comun al acestei bogate diversități a formelor de porumb ce se cultivau în jurul anilor 1900, este faptul că toate aparțineau varietății indurata, cu trei subvarietăți: *vulgata* (cultivată peste tot), *ansimonțiaca* (cultivată în Transilvania, Muntenia și sudul Moldovei) și *alba* (cultivată pe suprafețe restrânse în Transilvania și Oltenia.

Spre sfârșitul anului 1900 a început să pătrundă în România porumbul dentat, care s-a localizat pentru început în Bărăgan și Dobrogea. După Moșneaga (1957) pătrunderea porumbului dentat în România a dus la degradarea porumbului indurat, răspândit la acea vreme pe tot cuprinsul țării, iar după Brandolini (1970) la ameliorarea unor însușiri importante a porumburilor locale.

Perioada celor două războaie mondiale nu a permis dezvoltarea unor lucrări de selecție, pentru a face o alegere de material rezultat din hibridările necontrolate ci mai degrabă a contribuit la degradarea biologică a porumburilor românești. Cu toate acestea conform unor afirmații făcute de Adronescu (1933), rezultă că o serie de populații locale, descrise anterior, nu au dispărut din cultură în această perioadă.

Porumbul Scorumnic tipic se menține în Oltenia și Muntenia; porumbul Pignoleto se cultiva pe suprafețe mici în Muntenia; porumbul cu bobul alb se cultiva sporadic, prin grădinile țăranilor. În

urma unor lucrări de selecție efectuate, după anul 1930, apare pentru prima dată un cultivar nou: Dinte de cal de Țigănești.

În Moldova, în zona secetoasă se cultiva porumbul Moldovenesc, iar rasa Hăngănesc se retrage în zona submontană și montană. În partea sudică a Moldovei se extinde porumbul Pignoleto, fiind denumit de țărani porumb portocaliu. Și în această regiune porumbul alb se găsea cu totul izolat în grădinile țăranilor.

În Transilvania, chiar dacă structura culturilor se schimbă, încă se mai cultiva porumbul Românesc Comun, Lăpușneac, Scorumnic și apare un nou cultivar denumit Varaday, obținut prin selecție din rasa Ardelenesc; porumbul Bănățean se menține în cultură atât în Banat cât și în Crișana.

După anul 1920 se consemnează începutul ameliorării moderne științifice a porumbului, prin crearea de soiuri ameliorate, producerea de sămânță se realiza în mod orgaizat, s-au stabilit zonele de cultură pentru fiecare soi sau populație locală. Au fost create primele soiuri, după cum urmează:

a) *Varietatea dentiformis:*
   - Dinte de cal de Petroșani – obținut din porumb american;
   - Dinte de cal de Moara Domnească – obținut dintr-o populație locală cultivată în zonă;
   - Dinte de cal de Mărculești - obținut prin selecție din populații locale cultivate în Bărăgan;
   - Dinte de cal ICAR 54 –obținut prin selecție individuală din populații locale;
   - Dinte de Cal Lister –Fister (1945-1950) creat la Cenad-obținut din porumbul american cu același nume .
b) *Varietatea indurata:* Hăngănesc de Suceava, Suceava 1, Arieșan, Portocaliu de Ezăreni, etc.

După anul 1930, paralel cu activitatea de ameliorare, s-a trecut la testarea în câmp a creațiilor realizate, pe baza cărora în anul 1934 s-a întocmit prima hartă a zonării soiurilor create pe întreg teritoriul României.

Odată cu extinderea activității de ameliorare a plantelor, în anul 1956 s-au înființat laboratoare de ameliorare a porumbului în mai multe stațiuni experimentale din diferite zone ale țării: Suceava, Perieni, Tg. Frumos, Lovrin. Întregul program de ameliorare a porumbului era coordonat de eminentul cercetător Vladimir Mosneaga. Tot în această perioadă, amelioratorii de porumb din stațiunile experimentale înființate au colectat populații locale de porumb din întreaga țară, începând cu Bucovina.

Urmarea acestor expediții de colectare a însemnat formarea unor colecții de populații locale de porumb de mare viitor pentru România.

Stațiunea experimentală Suceava, prin amelioratorul, Mihai D. Cristea, a înțeles încă de atunci importanța conservării acestor populații locale pentru o perioadă mai lungă de timp. Cu mijloace proprii, improvizate laboratorul de ameliorare a porumbului a menținut aceste populații timp de 30 de ani, până când în anul 1990 a luat ființă Banca de Gene Suceava, iar populațiile locale colectate în anii 60, au fost transferate în camere cu atmosferă controlată și reprezintă nucleul de bază al colecției Băncii (484 de probe).

Odată cu formarea unei colecții reprezentative de populații și soiuri locale, Mihai D. Cristea (1977) face pentru prima dată, în România o clasificare naturală a porumburilor românești, folosind în acest sens principiile clasificării naturale elaborate de Anderson și Cutler (1942).

Conform acestui model, autorul identifică următoarele complexe rasiale și rase de porumb:

1. Porumbul indurat conic cu știulete scurt, cu rasele Hăngănesc și Seuiesc;
2. Induratul Românesc cu știulete lung, cu rasele Românesc comun, Ardelenesc, Bănățean și Moldovenesc;
3. Porumbul sticlos cu boabe mici portocalii cu rasele Portocaliu și Pignoleto;
4. Porumbul dentat, cu rasele: dinte de cal de sud, dinte de cal cu multe rânduri de boabe, dinte de cal cu 8 rânduri, dinte de cal timpuriu cu știulete cilindric.

De asemenea, autorul a identificat și hibrizi realizați între acest rase: Românesc comun x Dinte de cal Ardelenesc, Cincantin x Hăngănesc, Hăngănesc x Moldovenesc.

După 1957, ameliorarea porumbului trece la o nouă etapă, care practic va revoluționa întreaga activitate de ameliorare a plantelor în România, în special a celor alogame.

Vladmir Moșneaga, șeful laboratorului de ameliorare a porumbului de la I.C.A.R. Moara Domnească, introduce consangvinizarea la porumb, deși statul Român s-a opus folosirii acestui procedeu în câmpurile de ameliorare, în timp ce în SUA se lucra deja pe scară largă, fiind introduși în cultură primii hibrizi de porumb. Treptat, în câțiva ani (8-10 ani) apar primii hibrizi de porumb, care depășeau cu mult producția populațiile locale, ceea ce a dus la apariția unui număr foarte mare de hibrizi cu perioade de vegetație diferite, extinși în toate zonele de cultură a țării.

Primele linii consangvinizate apărute, au provenit din populațiile locale colectate de pe întreg teritoriul țării, ceea ce a dus la extragerea de elite din populațiile locale și creșterea diversității acestora. Se poate spune că prin consangvinizare s-a creat o mare

diversitate în câmpurile de ameliorare, obținându-se mii de linii consangvinizate din aceste populații locale.

Astfel că, în anul 1962 au fost omologaţi hibrizii sorto-lineali HSL196 și HSL213, care finalizau lucrările îndelungate efectuate de Vladimir Moșneagă la I.C.A.R. Moara Domnească, în domeniul consangvinizării, ca și primul hibrid dublu - HD 208, realizat în colaborare I.C.C.P.T. Fundulea și S.C.A. Turda; în anul 1963 a fost omologat un al doilea hibrid dublu cu rezonanţă în practica agricolă, HD 405. Pe această bază, s-a putut generaliza în România cultivarea porumbului dublu hibrid într-o perioadă de numai șapte ani, ceea ce situează ţara noastră printre ţările care au realizat foarte rapid trecerea de la folosirea soiurilor cu polenizare liberă și a populaţiilor locale la hibrizii între linii consangvinizate.

Dacă hibrizii dubli străini au asigurat un spor de 31-34% faţă de soiurile cu polenizare liberă, primii hibrizi dubli creaţi în ţară în anii 1962-1963 au depășit pe cei mai buni hibrizi străini cu circa 3%, iar următoarea serie de hibrizi lansaţi în perioada 1968-1970 (printre care HD 98, HD 220, HD 225, HD 305, primul hibrid triliniar HT 310 și primul hibrid simplu, HS 330) au asigurat o nouă creștere de circa 3% faţă de hibrizii creaţi anterior. Diversificarea materialului iniţial folosit în crearea liniilor consangvinizate, prin includerea alături de soiurile și populaţiile locale a unor genotipuri din alte zone ale lumii și a unor materiale cu infuzii de gene de la specii înrudite, ca și perfecţionarea continuă a metodelor de ameliorare, au permis realizarea unui progres continuu în privinţa capacităţii de producţie și adaptabilităţii la hibrizii creaţi în etapele următoare. Astfel, hibrizii creaţi în perioada 1971-1980, perioadă marcată de extinderea în cultură a hibrizilor simpli între linii consangvinizate, au depășit hibrizii creaţi anterior cu 13-14%, iar hibrizii creaţi între 1981 și 1985 au asigurat un nou spor de încă 3-4%. Concomitent, au fost ameliorate

și alte însușiri importante, cum ar fi: rezistenţa la frângere, la cădere, la secetă și la arșiţă și diversificarea calităţii boabelor. În total, în perioada 1962-1990 au fost omologaţi și introduși în producţie 72 de hibrizi dubli și hibrizi simpli de porumb creaţi în toate laboratoarele de ameliorare de porumb din țară. Progresul genetic realizat în perioada 1963- 1986 la porumb în privinţa producţiei a fost estimat a fi cuprins între 63 kg/ha/an în cultură neirigată și 146 kg/ha/an în cultură irigată.

În decursul timpului au fost înscriși în „Catalogul oficial al soiurilor și hibrizilor de plante de cultură din România" – peste 80 de hibrizi autohtoni, astfel:

a) *hibrizi extratimpurii (90-100)* – Suceava 95, Suceava 108
b) hibrizi foarte timpurii (100-200) - Ciclon, Dana, Podu-Iloaiei 110, Turda 145, Turda 165, Turda 167, Turda 181, Bucovina, Montana, Decebal;
c) hibrizi timpurii (200-300) - Turda 200, Turda –Mold. 188; Turda Super, Turda 182, Turda 201;
d) Hibrizi semitimpurii(300-400) - Andreea, Fundulea 425 M, Milcov, Minerva, Neptun, Oituz, Olimp, Turda Star, etc.
e) Hibrizisemitardivi (400-500) – Brateș, Danubiu, Fulger, Granit, Olt, Orizont, Panciu, Premier, Partizan, Rapsodia, Faur,etc.;
f) Hibrizi tardivi (500-650) – Campion, Dacic, Generos, Lovrin 400, Octavian, Orizont, Star, etc;
g) Hibrizi cu destinație specială
- pentru floricele – Fundulea 625;
- pentru fiert (zaharat) – Desert, Deliciul verii Diamant, Dulcin, Prima, etc.

Datorită progresului genetic, hibrizii românești de porumb au adus o contribuţie esenţială la producţia de porumb a ţării, dovedindu-și competitivitatea chiar în condiţiile concurenţei unor puternice firme

internaţionale, precum firma Pioneer. Realizările în cultura porumbului din România după anul 1957 au constituit o adevărată revoluţie. Dacă timp de aproape un secol (1864- 1955) producţiile medii ale ţării pe grupe de cinci ani au variat în jurul a 1000 kg/ha (810-1.290), acestea au crescut în mod constant și accelerat la 1.390 kg/ha în perioada 1956-1960, apoi la 1.770, 2.230, 3.350 și 4.100 în perioada 1981-1986. Dacă până în anul 1956 sporul mediu anual a fost de numai 0,01 q/ha, în perioada extinderii și cultivării hibizilor dubli (1956-1975) acest spor a fost de 0,67 și, respectiv, 0,74 q/ha, iar după extinderea cultivării hibrizilor simpli, dubli și triliniari mai intensivi dar cu exigenţe sporite faţă de tehnologiile de cultură, sporul de producţie a fost de 1,17 q/ha/an.

Foto 6.5. Hibridul de porumb timpuriu Suceava M (2019)

6.6. Metode și tehnici de ameliorare a plantelor

Metodele și tehnicile de ameliorare a plantelor au evoluat de-a lungul timpului, odată cu evoluția generală a procesului de cunoaștere umană, începând cu metodele empirice ale selecției efectuate de omul devenit agricultor, până la metodele moderne de astăzi ale ingineriei genetice care au revoluționat științele biologice prin potențialul lor de transformare a vieții și prin rafinamentul și profunzimea lor.

6.6.1. Metode convenționale de ameliorare

6.6.1.1. Selecția

Cea mai veche metodă de ameliorare a plantelor este selecția care a apărut odată cu luarea în cultură a plantelor, mai întâi sub formă empirică și mai apoi aplicată în mod conștient.

Caracteristica de bază a selecției o constituie faptul că ea nu crează forme complet noi, care să nu fi existat în natură înainte de aplicarea ei ca metodă de lucru. Cu ajutorul selecției se extrag, dintr-un material inițial, mai mult sau mai puțin heterogen, diferite forme care se aflau amestecate sau ascunse (Sarca T., 2004).

Acțiunea creatoare a selecției se bazează pe legea variabilității continue, descoperită de Darwin. Conform acestei teorii, însușirile descendenților continuă să se modifice în aceiași direcție în care a început la descendenți, cu condiția ca asupra urmașilor să acționeze aceleași condiții care au acționat și asupra strămoșilor. Caracterele supuse procesului de selecție se intensifică din generație în generație, încât unele dintre ele, abia vizibile la început, pot fi observate cu ușurință după câteva generații de selecție.

Aplicându-se selecția în masă sau individuală s-au obținut rezultate favorabile. Asfel la floarea soarelui s-a redus procetul de coji de la 41% la 22%, la sfecla de zahăr prin selecție a crescut procentul

de zahăr din rădăcini de la 1,6 la 23%. Pentru a cunoaște limitele selecției, în Anglia timp de 60 de ani s-a efectuat selecție la soiul de porumb Bur White care inițial avea 10,9% proteină. După 60 de ani de selecție individuală pentru conținut ridicat de proteină, s-a ajuns la 22,8% iar pentru conținut scăzut, la 4,96% proteină.

Exemple cu efectele selecției pentru anumite însușiri pot fi date la toate plantele de cultură. Deși ea se aplică de mii de ani, selecția ca metodă de ameliorare se aplică și în prezent, îndeosebi pentru îmbunătățirea materialului inițial de ameliorare, debarasându-l de unele însușiri nedorite, sporindu-i chiar și potențialul productiv.

Rezultatele obținute prin selecție, uneori chiar spectuloase, dovedesc existența diversității genetice, asupra căreia acționează selecția. Fără diversitate geentică, efectele selecției ar fi nule (fig. 6.1.).

Ca metode de selecție deosebim:

- ***selecția de masă*** (utilizează ca elite plante întregi și în cadul cărora nu se practică separarea descendenților, ci semințele rezultate de la toate elitele se amestecă și se seamănă împreună);
- ***selecția individuală sau genealogică*** (alegerea plantelor elită și urmărirea în descendență a fiecărei elite în parte);
- ***selecția în masă alternată cu selecția individuală*** (plantele elite se seamănă individual, iar cele mai bune familii se amestecă și se seamănă în anul următor; se aleg din nou elite, care se vor semăna individual, din care se vor alege elite, etc. până când se uniformizează materialul ameliorat). Fiecare generație de selecție trebuie să constituie un progres în direcția obiectivului propus.

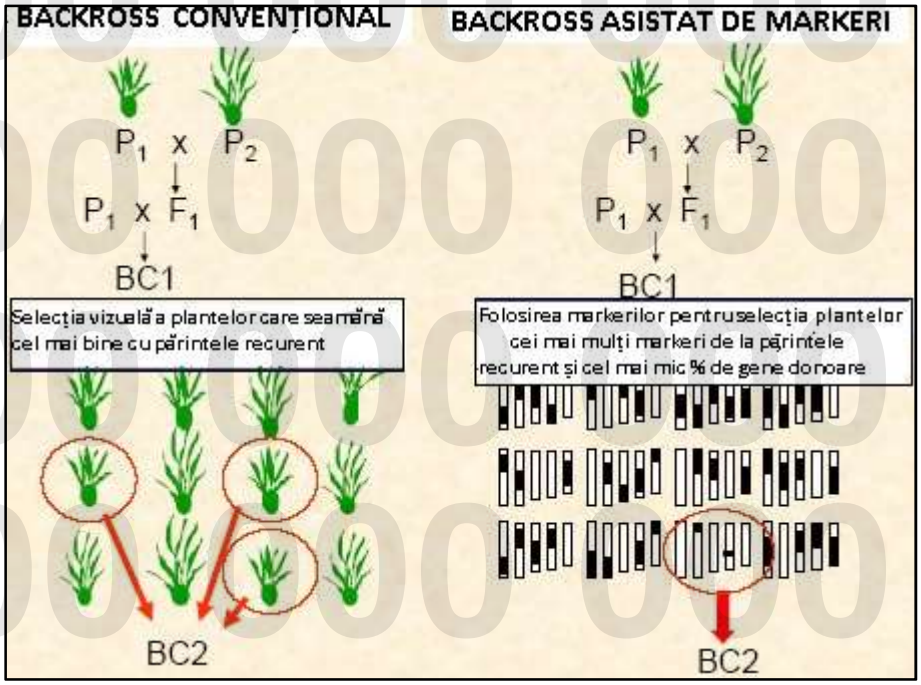


Fig.6.1.Backrosul convențional și cel asistat de markeri moleculari

6.6.1.2. Hibridarea

Constituie cea mai eficientă și mai dinamică metodă de diversificare a bazei genetice a plantelor, întrucât prin hibridare se întrunesc într-un singur organism însușirile și caracterele de la două sau mai multe forme parentale (fig. 6.2.). Rezultatul hibridării constă pe de o parte, în producerea fenomenului heterozis, iar pe de altă parte sporește diversitatea genetică, constituind obiectivul principal al hibridării ce constă în crearea hibrizilor, care datorită însușirilor și caracterelor moștenite de la părinți, constituie un material valoros de ameliorare. Scopul principal al hibridării este crearea de forme hibride pentru producție. Dar, ținând cont că într-un hibrid sunt concentrate însușirile formelor care au participat la alcătuirea hibridului, el constituie în același simp și o sursă importantă de diversitate genetică.

Există multe categorii de hibridare:

→ în funcție de felul polenizării, deosebim:

- hibridare naturală;
- hibridare artificială;
- hibridare liberă;
- hibridare limitat liberă.

→ în funcție de numărul formelor implicate în hibridare:

- hibridare simplă;
- hibridare dublă;
- hibridare triplă sau trilinială;
- hibridare recurentă de backcross;
- hibridare dialelă, hibridare în masă;
- hibridare ciclică;
- hibridare de probă.

→ în funcție de gradul de înrudire genetică a formelor parentale:

- hibridare apropiată;
- hibridare îndepărtată;
- hibridare între soiuri.

Procesul de hibridare are loc fie în mod deliberat, după anumite reguli, fie în mod natural. Hibridarea naturală constituie o sursă importantă de diversitate genetică, ea jucând în același timp un rol important în evoluția plantelor.

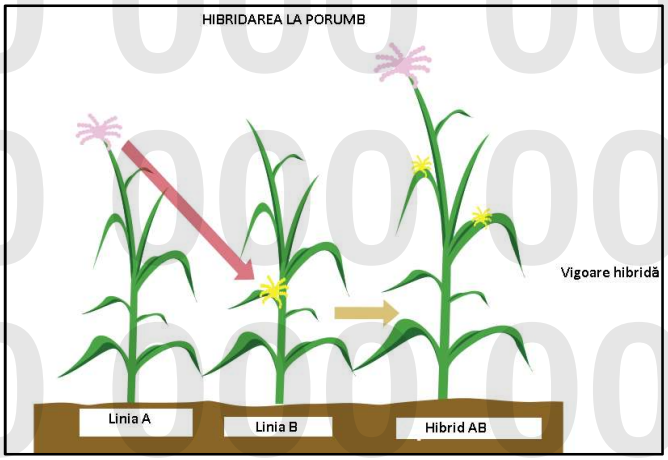


Fig. 6.2. Hibridarea la porumb

6.6.1.3. Consangvinizarea

Consangvinizarea este procesul biologic prin care plantele alogame sunt obligate să se polenizeze cu polen propriu. Prin acest proces plantele alogame se desfac în numeroase biotipuri care nu sunt altceva decât liniile consangvinizate. Diversitatea genetică a biotipurilor rezultate în urma consangvinizării este mai mare în cazul consangvinizării unor cultivare locale, decât în cazul utilizării unor cultivare deja ameliorate. Așa se explică de ce liniile consangvinizate extrase din hibrizi – îndeosebi din hibrizi simpli – se uniformizează mai repede, numai după câteva generații de consangvinizare. Șansa de a obține linii deosebite prin consangvinizare, este mare în cazul folosirii cultivarelor locale, decât în cazul hibrizilor datorită diverității genetice mai mari a primelor.

Despre depresiunea biologică (fig 6.3.) rezultată în urma consangvinizării, au fost emise mai multe teorii, nici una însă nu a lămurit convingător fenomenul (teoria dominanței, teoria înlănțuirii, teoria simulării).

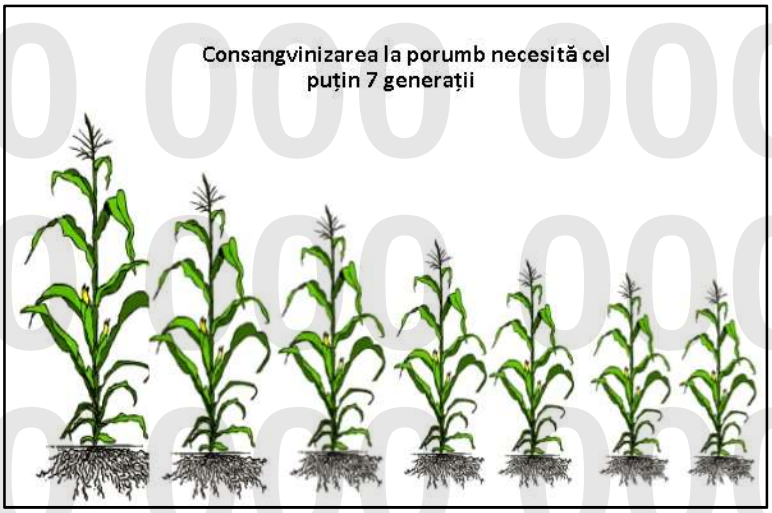


Fig. 6.3. Depresia produsă prin consangvinizare la porumb

6.4.1.4. Heterozisul

Schull (1952) a definit heterozisul drept o „creștere a vigorii, mărimii, fructificării, vitezei de dezvoltare a rezistenței la boli, la insecte și la rigorile climatice”. Mult mai târziu, Mather și Junks (1971) au definit heterozisul ca fiind cantitatea cu care media F1 depășește pe cel mai bun părinte.

Fenomenul heterozis are loc în special la plantele alogame; afectând toate organele plantelor, dar nu în mod egal. Fenomenul heterozis nu ar putea avea loc dacă nu ar exista diversitatea genetică (Haș, 2004).

Au fost elaborate mai multe teorii care încearcă să explice fenomenul heterozis. Dintre acestea două se dovedesc mai credibile: teoria heterozigoției și teoria supradominanței. Prima susține că heterozisul s-ar datora faptului că genele acționează mai puternic în stare heterozigotă decât în stare homozigotă. Vigoarea hibridă nu se menține decât în prima generație. A doua susține că locii heterozigoți din cromozomi exercită o acțiune fiziologică superioară locilor homozigoți. Vigoarea hibridă crește odată cu numărul locilor heterozigoți (Haș, 2004)

Manifestarea heterozisului la plantele alogame este pe deplin lămurită. Aceasta nu înseamnă că nu se produce și la plantele autogame. Faptul că hibrizii F1, în cele mi multe cazuri, sunt superiori celor două forme parentale, confirmă frecvențele heterozisului și la plantele alogame.

6.6.1.5. Mutageneza

Privită din punctual de vedere al posibilităților de diversificare genetică, mutageneza constituie o metodă deosebit de eficientă.

Beneficiind de o descoperire foarte timpurie, precum și de perspective promițătoare, despre mutații s-a scris mult în literatura de

specialitate. Atfel încă din 1590, Sprenger descrie o mutație la *Chelidonium majus*, iar Gordon (1897) observă mutante la *Datura stramonium.*

Cele dintâi studii asupra mutațiilor și cel care a introdus noțiunea de mutație genetică a fost Müler (1927).

Mutațiile se produc fie în mod natural (mutații naturale), fie induse de om (mutații artificiale)

Mutațiile naturale sunt produse de factori naturali cum ar fi radiațiile cosmice sau radiațiile radioactive (Müler N.J.,1954). Radiațiile naturale nu sunt uniforme pe suprafața Pământului, ele variind ca intensitate în raport de *altitudine* și de conținutul în uraniu și de izotopii radioactivi ai solului și subsolului.

Mutațiile spontane apar și datorită excesului sau deficitului de substanțe chimice, din care manganul pare să aibă cea mai mare influență.

Cauza cea mai importantă de producere a mutațiilor naturale o constituie diversele deranjamente de natură biochimică, care apar în procesele matebolice ale unor organisme sau țesuturi cu rol reproductiv cum ar fi polenul sau sămânța.

Mutațiile artificiale sunt produse de om cu scopul de a crea o bază genetică diversificată din care să poată selecta variantele care prezintă interes. Prin efectele sale, mutageneza artificială constituie o imprtantă sursă de diversitate genetică, deși numai 1% din mutante prezintă interes.

Factorii care produc mutații artificiale sunt de natură fizică, chimică și biologică.

Cu toate că în mutageneză s-au pus mari speranțe, rezultatele obținute arată că față de eforturile umane și financiare depuse, rezultatele nu sunt pe măsura așteptărilor. Dintr-un inventar efectuat la nivelul anului 1975, s-a observat că s-au creat prin mutageneză numai

176 de cultivare (Mieke, 1976). Din această cauză, la timpul respectiv, s-a emis părerea că acolo unde există în mod natural o diversitate genetică mare, iar această diversitate este compatibilă la încrucișări, nu este recomandată mutageneza. Acolo unde însă diversitatea naturală este redusă, mutageneza este necesară. Această concluzie a devenit foarte importantă, întrucât în prezent asistăm la o restrângere dramatică a diversității genetice a plantelor, datorită mai multor factori care produc eroziunea genetică. În consecință, începând cu ultimele decenii ale secolului trecut, mutageneza a primit mai multă atenție, diversificarea bazei genetice prin mutageneză devenind de actualitate.

6.6.2. Biotehnologii neconvenționale

În funcție de evoluția biotehnologiilor, cercetătorii grupează acest domeniu în două mari categorii: biotehnologii convenționale devenite clasice și biotehnologii neconvenționale, care cuprind cu prioritate, rezultatele cercetătorilor moderne din domeiul biotehnologiei. Deosebirea esențială între aceste două categorii de biotehnologii constă în modul de abordare al transferului de gene din planta donor în planta primitoare. Cu toate că biotehnologiile convenționale cunosc mai multe forme de exprimare, prin care au contribuit și contribuie și în prezent, la obținerea unor rezultate valoroase, în creșterea producției, calității acesteia, datorită noilor descoperiri realizate în biologie moleculară sau/și celulară, cu deosebire în transferul genelor între organismele vii existente pe Terra, în mod direct, rapid și specific (transgeneza).

Biotehnogia convențială a genelor, se realizează pe cale sexuată, și de aici toate discuțiile asupra restricțiilor acestor biotehnologii, în comparație cu avantajele biotehnologiilor neconvenționale (moderne). Dar cu toate avantajele biotehnologiilor neconvenționale (moderne) și cu toată mediatizarea intens efectuată, deocamdată nu se poate vorbi, de înlocuirea metodelor convenționale

(clasice) de ameliorare cu metodele moderne neconvenționale. Ele pot fi luate în considerare ca mijloace complementare în aplicarea biotehnologiilor cunoscute.

6.6.2.1. Biotehnologiile neconvenționale și transferul genelor

Biotehnologia reprezintă un domeniu sintetic și multidisciplinar al științei, tehnicii și tehnologiilor, și al producției biotehnologice.

Sfera de cuprindere a biotehnologiei în decursul timpului a permis elaborarea mai multor definiții, dar în esență ele se referă la folosirea integrată a geneticii, a biochimiei, a fiziologiei, a patologiei plantelor, etc., pentru obținerea de bunuri și servicii în industrie, agricultură, alimentație, medicină, protecția mediului, etc.

Toate aceste activități care s-au organizat și pus în practică, nu ar fi fost posibil de realizat fără descoperirile de excepție în genetică și biotehnologie, îndeosebi în partea a doua a secolului XX, care au determinat progrese spectaculoase în domeniul biotehnologiei, creindu-se condiții pentru trecerea într-o etapă calitativă nouă în ameliorarea plantelor, animalelor și microorganismelor și anume la biotehnologiile moderne. Se impune să menționăm, descoperirile remarcabile făcute în perioada anterioară; structura moleculară a ADN-ului și ARN-ului ca material de stocare a informației genetice (Watson și Crich, 1933); descifrarea codului genetic și universalitatea acestuia, prin cei 54 de codoni posibili (Nurenberg, 1963); mecanismul de transmitere a expresiei genelor; transmiterea și translația, prin intermediul ARN-m, ARN-r și ARN-t (Watson și colab, 1983); universalitatea structurală a secvențelor genice la virusuri, bacterii, plante, animale și om; descoperirea relațiilor dintre markerii moleculari (RFLP; AFLP; RAPD; PCR; STS) și structura lor; capacitatea totipotentă a unor celule de a genera întregul organism; rolul unor organisme (bacterii, virusuri) în transferul materialului genetic;

fracționarea moleculară a ADN-ului, prin separare enzimatică, descoperiri considerate epocale.

Toate aceste activități nu ar fi putut fi posibile dacă anterior nu s-ar fi realizat unele descoperiri de excepție în genetică și în biotehnologia celulară și moleculară, îndeosebi în partea a doua a secolului XX, care a determinat progrese importante, datorită implicațiilor tehnologice și sociale care au determinat mari schimbări în însăși modul de a privi și a gândi viața.

Cu privire la transferul genelor, heterozisul poate fi efectuat, pe cale celulară sau moleculară, realizându-se fie direct prin metode biotehnologice, de mare finețe cum ar fi: metoda electroporării, a microinjecției, metoda biolistică, descărcări electrice de particule, introducerea de ADN pe cale chimică, fie prin metode indirecte, cu ajutorul vectorilor biologici (viruși, bacterii, ciuperci), transferul de ADN prin *Agrobacterium tumefaciens,* etc

6.6.2.2. Metoda electroporării

Metoda este aplicată îndeosebi la plantele „recalcitrante", la speciile tradiționale folosite în transformare, precum și la plantele care nu reacționează la metode standard de transformare. Succesul electroporării a permis transformarea dorită a mai multor culturi, precum și elucidarea mai multor trăsături de reglare și expresie genetică la plante. Electroporarea s-a dovedit a fi o metodă reușită de introducere a ADN-ului. După succesul inițial obținut la plantele dicotiledonate, ea a fost extinsă și la plantele monocotiledonate, metoda fiind standardizată, pentru introducerea ADN-ului într-o proporție crescută, menținând viabilitatea celulelor într-un procent ridicat.

Mecanismul de inducere a unei înalte stări de permeabilitate a membranelor celulare nu este pe deplin lămurită. Permeabilizarea reversibilă a membranelor plasmatice a celulelor vegetale, față de

moleculele încărcate electric, care de altfel nu sunt capabile să pătrundă în celule, se poate realiza prin aplicarea de câmpuri electrice. În acest mod, astfel de celule pot fi introduse în alte celule și după permealizare cu solvenți organici și alți agenți chimici, deși aceștia pot afecta viabilitatea celulelor. Cu toate acestea peretele celular vegetal reprezintă o barieră în calea preluării ADN-lui de către celule. Nivelul de transformare este de aproximativ de 20 până la 50 de ori mai scăzut decât cel obținut de la celulele intacte, electroporate.

Cu privire la dimensiunile optime ale plasmidei, care să permită transferul direct și eficient către protoplaști, informațiile sunt destul de sărace. Unii cercetători au utilizat metode chimice pentru a introduce plasmida Ti în protoplaști, alții au obținut embrioni somatici transgenici, după electroporare. Aceste experiențe nu au oferit nici o dovadă dacă plasmidele de *Agrobacterium tumefaciens* pot fi transferate în mod natural în protoplaști prin astfel de metode. Problema limitei superioare a plasmidei pentru transferul stabil de ADN, și integrarea acesteia prin metode chimice sau electrice, capătă o oarecare clarificare, datorită metodelor clonării și electroforezei ADN-ului. S-a dezvoltat un sistem de clonare bazat pe construirea de cromozomi artificiali de drojdie (YAC-uri) care pot accepta inserția de ADN străin" mai mari de 100 kb, într-o gamă adecvată de restricție. YAC-urile care conțin ADN străin pot fi menținute cu ajutorul drojdiei *Sacharomices cerevisae,* după transformarea sferoplastidelor induse prin PEG. Vectorii YAC pot fi menținuți cu molecule circulare de *Escheria coli*, ceea ce permite izolarea de cantități în miligrame pentru procedurile de clonare.

Referitor la concentrația ADN-ului plasmidă și a ADN -ului purtător, s-a demonstrat că frecvența stabilă a protoplaștilor este influențată de concentrarea și de tipul de ADN exogen. Prin tip se înțelege felul plasmidei, liniară sau superspirală, necesară transformării

protoplaștilor de tutun. Printr-o combinație de PEG și electroporare, s-a descoperit că atât plasmidele cât și ADN-ul purtător au avut un efect puternic asupra transformării. Deși s-a raportat că prin transformarea tutunului s-ar obține o concentrație de plasmide de ADN de la 10 până la 0,01 μg/ml, cele mai înalte frecvențe au rezultat prin adăugarea la o concentrație de ADN plasmid de 10 μg/ml până la 50 μg/ml de ADN purtător și care a avut ca rezultat o creștere de 10 ori mai mare a secvențelor de transformare a ADN-ului plasmid liniar, asigurându-se o frecvență de transformare superioară, decât la ADN-ul superspiralat. Creșterea concentrației de ADN în mediul de electroporare duce la o creștere a frecvenței de transformare. S-a raportat o creștere liniară între expresia tranzitorie la protoplaștii electroporați de morcov și concentrația de ADN plasmid, de pâna la 10 μg/ml.

În legătură cu compoziția mediilor de electroporare s-a găsit că acesta se găsește într-o strânsă relație cu parametrii electrici și cu dimensiunile plasmidelor. Puterea impulsului scade odată cu creșterea conductivității mediului, atunci când se utilizează impulsuri rectangulare, fiind independentă de modul de electroporare.

În unele experiențe protoplaștii au fost incubați într-o baie de gheață cu câteva minute înainte și după electroporare, pentru a spori preluarea de ADN prin prelungirea duratei de permeabilitate sporită a membranei. Cu toate acestea durata de difuzie depinde în mare măsură de temperatură, și se crede că preluarea ADN-ului are loc predominant pe parcursul expunerii la curentul electric

6.6.2.3. Metoda biolistică

Prin această procedură se accelerează particulele de aur sau tungsten, de mărimea unui micron, într-un încărcător de armă, care prin declanșare, prinde o viteză foarte mare pentru penetrarea neletală a pereților și a membranelor celulare. Arma cu particule a fost utilizată pentru monitorizarea transferului de molecule de ADN himere și ARN viral intact de ceapă. Tungstenul acționează ca purtător ai acizilor

nucleici, deoarece este netoxic pentru celule și destul de dens pentru o penetrare rapidă a materialului țintă (Backer și colab., 1994). Pentru fiecare transfer sunt necesare 50µg tungsten, accelerat cu o viteză de până la 430m/sec., în condiții de vacuum parțial. Aproximativ 1/2 din țesutul bombardat rămâne viabil, când celula este penetrată de 1-5 proiectile, însă rata de mortalitate ajunge până la 80%, când țesutul a fost penetrat de unul sau mai multe proiectile (Klein și colab.,1993).

Aceste experiențe au demonstrat că abordarea biolistică ar putea transfera cu succes acizii nucleici către țesutul intact, dar pentru reducerea traumelor celulare a fost nevoie de modificări rafinate a concentrației și a distribuției tungstenului. Cea mai mare eficiență de transformare $(2 \times 10)^3$ s-a realizat atunci când s-au folosit 1,25µg până la 0,5 µg dintr-un preparat de ADN- tungsten de 2 µg/mg.

Una din primele aplicații a tehnicii biolistice s-a efectuat cu succes cu ocazia studiului genelor structurale, A_1, B_{21} și B_{22} și a celor reglatoare, B_3, C_1, P_1 și R_1, pentru producerea pigmentului antocianic la porumb. Pentru obținerea de antocian genele B_1 sau genele A_1 și B_{21} clonate au fost transferate în stratul aleuronic al boabelor de porumb prin bombardamentul cu ADN și cu mutante sintetice complementare. Important a fost faptul că genele transferate au fost reglate în mod asemănător ca și contrapartidele lor endogene. Genele B clonate au fost și ele transferate în țesutul aleuronic, la fel și endogenele A_1, unde produșii acestora au coordonat expresia genelor structurale A_1 și B_{21}. Mutantele din locusul B_{22} din țesutul antocianic, conțin transpozomi endogeni, care au putut fi identificate și clonate. A fost necesară o alelă de tip sălbatic, fără inserția de transpozomi, pentru a observa structura genei B_{22}. Pentru a clona o porțiune din gena B_2 reconstruită, s-a utilizat și reacția polimerazei în lanț. Această metodă a făcut posibilă evaluarea activității genelor reconstruite, derivate din mutantele induse de transpozomi. Disponibilitatea genelor clonate

exprimate specific în polen, constituie un pas important în înțelegerea bazei moleculare a dezvoltării polenului și a expresiei lor genice. O abordare și o caracterizare a secvențelor de ADN care acționează CIS, necesară exprimării genei specifice din polen, depinde de capacitatea de a regenera plante transgenice fertile care conțin versiuni modificate de gene specifice polenului.

Dezvoltarea metodei „bombardamentului cu miroproiectile de tungstem" pentru transferul și expresia genelor în celulele vegetale intacte, a depășit unele restricții apărute în aplicare, în cazul polenului. Metoda transformării a fost utilizată pentru transferul acizilor nucleici în celulele vegetale, fără izolarea protoplaștilor. De asemenea, transformarea prin bombardarea cu microproiectile de tungsten sau aur, asociate cu ADN s-a efectuat în vederea transferului 353 CAT sau ARN în țesutul epidermal de ceapă, sau pentru experimentarea genei NPT11 cu rezistența la Kanamicină. La porumb, prima transformare stabilă s-a realizat utilizând ca țintă suspensii din culturi A188 x B73 entrobiogenice. ADN-ul transformat a constat dintr-o plasmidă superspiralată cu promotor 35S și gena BAR. La bumbac utilizarea acestei metode a dat rezultate favorabile, obținându-se după fiecare bombardament câte 30 de clone stabile, rezistente la substanța folosită, reprezentând 0,7% din celulele care au exprimat gena GUS. La grâu, utilizându-se bombardamente cu microproiectile de viteză mare, s-a reușit transformarea stabilă de calus prin transferul direct de ADN în culturi în suspensie, fiind introduse trei gene pe plasmidele (GUS, NPT și fosfat 5) enol-pyruylschi-kinat, dar din calusurile obținute nu s-au putut obține plante transgenice.

6.6.2.4. Transferul de ADN prin intermediul bacteriei *Agrobacterium tumefaciens*

Agrobacterium tumefaciens este o bacterie care infectează în mod natural multe dicotiledonate și gimnosperme, provocând tumori

prin introducerea de ADN în celulele plantelor, la locul afectat. Capacitatea de a crea tumori la *Agrobacterium tumefaciens* depinde de prezența unei plasmide de mari dimensiuni, denumită „plasmida inductoare de tumori Ti" (Zapar și colab.,1995). Analiza moleculară arată că o mică porțiune din plasmida Ti numită T-ADN se transferă în celulele plantei și se integrează covalent în cromozomul unei plante (Chilton, MD., 1977). O regiune a plasmidei Ti, dinafara T-ADN numită regiunea de virulență poartă așa zisele „gene vir" implicate în inducerea tumorii. Oneogenele codifică producerea acidului indolilacetic și a riboxidazei zeatinice, hormoni naturali ai plantei. Supra producția acestor hormoni are ca rezultat dezvoltarea tumorală a celulelor. Totodată ADN-T codifică mai multe gene care controlează sinteza compușilor numiți opini, care reprezintă substraturile metabolice pentru bacterie (Nester E.W. și colab., 1984). Prin transferul genelor opin în genomul celulelor plantei, acestea devin capabile să distrugă metabolismul propriu al plantei pentru a produce substanțe (opini) care nu sunt utilizate de plante, dar pe care se pot prolifera bacteriile.

Îndepărtarea secvențelor de ADN-T necesară promovării tumorii, nu are de-a face cu transferul de ADN-T către genomul plantei, iar înlocuirea lor cu gene himere constituie baza transformării plantelor prin intermediul bacteriei *Agrobacterium.*

Țesutul plantei transformat de către *Agrobacterium* poate fi realizată prin creșteri tumorale caracteristice, care proliferează rapid în mediile lipsite de hormoni, datorită unui echilibru hormonal interior modificat.

Cu toate acestea, modificarea genetică a plantei cu plasmida Ti, are o valoare limitată, dacă celulele transformate de plantă prezintă tumori, făcându-le incapabile să regenereze o plantă fertilă normală Din această cauză, a fost necesară eliminarea proprietăților oncologice

ale ADN-T care inhibă diferențierea normală a celulelor din plantă. Oncogenele așa numitele plasmide Ti „dezarmate” au fost îndepărtate din ADN-T, totuși s-a constatat că rămân în zonele de graniță. Aceste plasmide „dezarmate” nu numai că-și mențin capacitatea de a transfera ADN-T către genomul plantei, dar permit regenerarea plantei sănătoase.

Mai sunt și alte metode de transfer al genelor, precum microinjecția, transferul cu ADN mediat chimic, etc.

Dintre toate aceste metode utilizate pentru transferul genelor, cele mai eficiente metode, apreciate de specialiștii în domeniu sunt: metoda electroporării, metoda microinjecției, metoda biolistică, metoda infecției cu bacteria *Agrobacterium tumefaciens*. De asemenea, s-a observat că plantele monocotiledonate au reacționat mai bine la transferul genelor, în comparație cu cele dicotiledonate.

CAPITOLUL 7

DIVERSITATEA GENETICĂ ȘI EROZIUNEA GENETICĂ A PLANTELOR ÎN ROMÂNIA STUDIU DE CAZ - PORUMBUL

Dr. ing. Mihai D. Cristea, membru Titular ASAS, la vârsta de 90 de ani

Doresc să mărturisesc că destinul a făcut ca după terminarea studiilor universitare să lucrez în cercetare, la ameliorarea porumbului timpuriu la Stațiunea de Cercetări Agricole Suceava, în perioada 1956 și pe cât este posibil și în prezent.

Ca și mulți cultivatori de porumb din România m-am apropiat de această plantă cu mult interes, plăcere și chiar pasiune, dincolo de obligațiile profesionale și instituționale, pe care le aveam. Această legătură strânsă între mine și porumb a durat și durează de 53 de ani neîntrerupți (1956-2019).

Trebuie să mărturisesc că această plantă mi-a adus multe împliniri și bucurii, satisfacții morale și profesionale pe măsura rezultatelor obținute. Datorită porumbului, care a constituit izvorul ideii mele, de a crea condiții fizice și biologice pentru conservarea genetică a populațiilor locale de porumb, precum și a altor specii, a fost pusă în aplicare, construindu-se prima Bancă de Gene din România, la care am participat efectiv, în toate fazele de proiectare, cât și în cele de construcție, fiind onorat de Guvernul României să poarte denumirea de Banca de Resurse Genetice Vegetale „Mihai Cristea" Suceava. Sunt momente de mare încărcătură morală și spirituală, iar la vârsta mea înaintată, îmi dă puterea să nu mă despart de porumb, și de aici plecând, de resursele genetice vegetale, pe care le-am prețuit și le prețuiesc prin ceea ce am realizat și voi realiza în continuare.

Cu aceste cuvinte am convingerea că răspund la întrebarea. DE CE PORUMBUL? (Mihai. D. Cristea, 2019).

7.1. Istorie și Actualitate

Specie vegetală, deosebit de generoasă, porumbul prin potențialul său de producție, prin utilizarea largă ca sursă de hrană pentru om și animale și materie primă pentru industrie, extinsă în cultură pe mari suprafețe în întreaga lume, precum și în România, se plasează pe un loc prioritar în cooperarea și dezvoltarea unei agriculturi moderne, performante.

În țara noastră deși a fost introdus mai târziu, decât în alte țări europene, porumbul s-a răspândit destul de repede, fiind primit de țăranul român, cu mult interes, chiar cu bucurie. Edificator în acest sens este exemplul din anul 1880, când porumbul a ocupat 50,7% din terenul arabil a României, precum și în perioada 1935-1939 când porumbul a fost cultivat pe 41,4% din suprafața arabilă a țării. În acest sens este importantă informația cuprinsă în „Programul de încurajare a Porumbului", elaborat de Ministerul Agriculturii în anul 1931 în care, printre alte precizări importante, se sublinia: „*Noi suntem a doua țară din lume în ceea ce privește suprafața ocupată cu porumb și suntem a doua sau a treia țară din lume, (după cum recolta e mai bună sau nu) în privința exportului"*

În perioada următoare suprafața cu porumb s-a redus, lăsând loc altor culturi, îndeosebi plantelor tehnice, dar suprafața ocupată cu porumb rămâne în continuare ridicată, la nivelul anului 2015, fiind de 2,5 milioane ha, plasându-se ca suprafață pe primul loc în Europa.

Datorită importanței și rolului porumbului în economia românească, pe parcursul timpului au fost organizate și aplicate o serie de norme tehnice și organizatorice pentru continua creștere a producției de porumb. Important în acest sens sunt lucrările de ameliorare a porumbului, începând cu îmbunătățirea populațiilor locale, pentru a le ameliora unele însușiri deficitare: slaba rezistență la cădere, nivel de producție redus, etc. Rezultatele cercetărilor întreprinse, au fost

răsplătite prin generalizarea hibrizilor de porumb în România, în decurs de numai șapte ani, adică jumătate din timpul în care acest proces s-a realizat în alte țări europene.

7.2. Originea, evoluția și clasificarea porumbului

Numeroși botaniști americani, ocupându-se de originea porumbului au emis ipoteza că strămoșul sălbatic al porumbului ar fi teosintele, o plantă furajeră care crește îndeosebi în Mexic și Guatemala. Dolores Pinerno de la Institutul Kent Phlannery, Universitatea din Michigan a comutat vechimea a trei specimene de porumb, descoperite în GuillaMaquitz (un adăpost situat după o stâncă din Valea Oaxaca, Mexic) la 4250 de ani înainte de Hristos. Rahisul rigid al acestor probe arată cu destulă convingere că ele au aparținut unei specii, care pentru a ajunge la acest stadiu, au depins de om pentru supraviețuire (fig. 7.1.).

Domesticirea teosintelui în momentul descoperirii era destul de avansată, fiind apreciată la mai mult de 6000 de ani. În anul 1930 geneticianul George Beadle, aduce primele dovezi în acest sens,

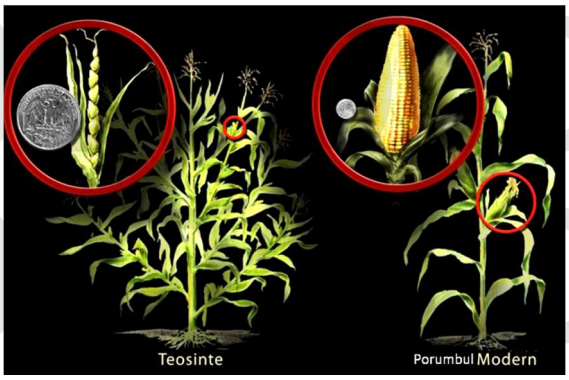


Fig. 7.1. Plantă de teosinte şi de porumb

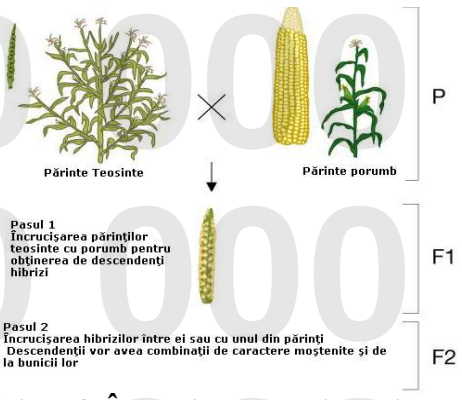


Fig. 7.2. Încrucişarea teosintelui cu porumbul

încrucișând cele două plante de porumb și teosinte, el a reușit să obțină primii hibrizi fertili. În anul 1970 recoltează în jurul a 70 de kg de cariopse de teosinte a căror plante le încrucișează cu porumbul stabilind

în acest fel numărul de gene implicate în diferențele morfologice între teosinte și porumb. După 1980, JhonDoebly realizează studii genetice care confirmă rezultatele lui Beatle din 5000 de indivizi în F2, 500 prezentau fenotipuri intermediare (fig. 7.2.).

Porumbul și teosintele sunt plante monoice, dar nu hermafrodite (fig.7.3.).

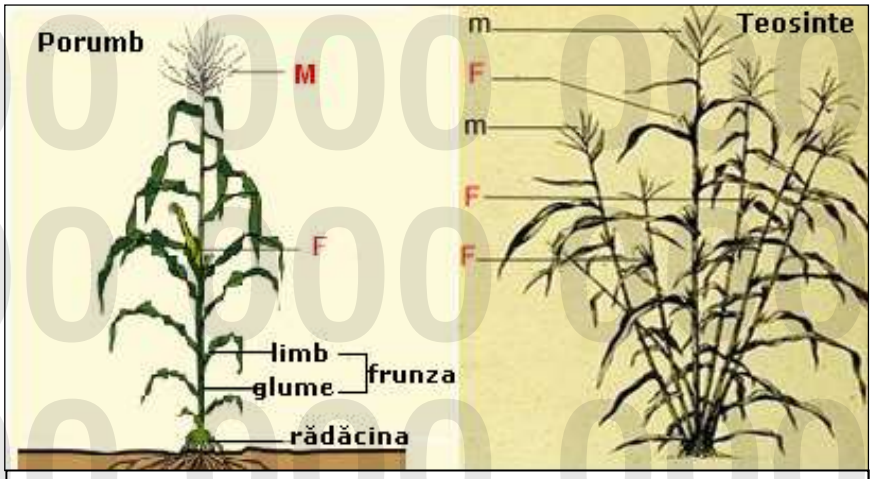


Fig. 7.3. Arhitectura morfologică a unei plante de porumb(*Zea mays ssp. mays*) și a unei plante de teosinte (*Zea mays ssp.*

Florile mascule și cele femele sunt separate, însă se găsesc pe aceiași plantă. Compararea structurii plantelor de porumb și de teosinte, arată că la porumb câteva bractee laterale foarte scurte, dezvoltă la subțioara acestora, inflorescența femelă F (viitorul știulete) și o tijă principală la capătul căreia se formează inflorescența masculă M, sub forma unui panicul. La teosinte se găsesc mai multe tije laterale purtând inflorescențe femele și o inflorescență masculă, la începutul fiecărei tije laterale (fig 7.3.).

Boabele de teosinte sunt înconjurate de o cupulă (glumă sudată) în timp ce boabele de porumb au glume reduse (fig.7.4.).

Boabele de porumb nu se desfac de pe rahis în momentul recoltării, neputându-se auto însămânța. La teosinte nu există practic

rahis la știulete, boabele sale fiind lipite unele de altele. La maturitate se dezarticulează și boabele cad libere pe sol.

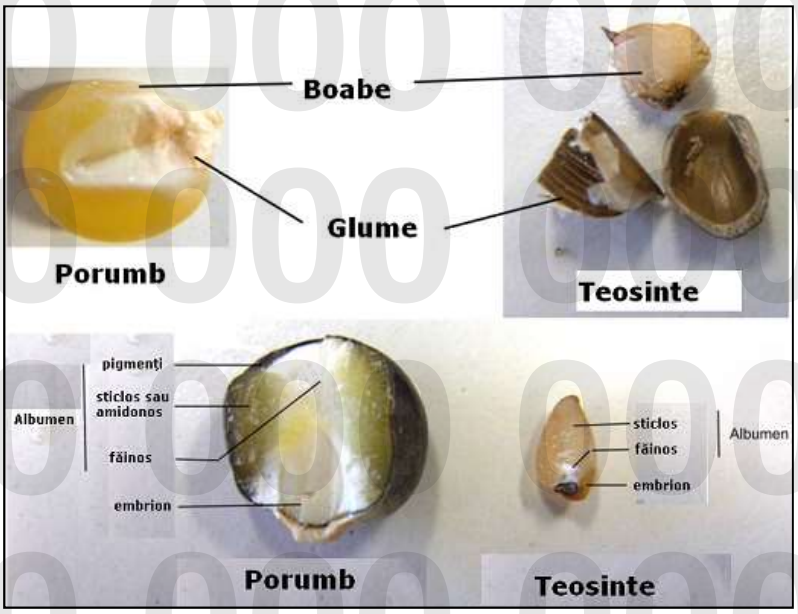


Fig. 7.4. Boabe de porumb şi de teosinte

7.3. Originea și evoluția porumbului în România

Drumul lung străbătut de germoplasma de porumb de la forma sălbatică la forma domestică și de aici la răspândirea în toată lumea, dovedește validitatea principiului conform căruia germoplasma este vie și ca urmare ea se mișcă și se transformă, fiind transmisă de-a lungul timpului de la o generație la alta, iar mobilitatea ei îi permite răspândirea cu ușurință. Domesticirea porumbului având loc pe continentul american respectiv în Mexic, cu 4250 de ani î.e.n., după o perioadă lungă de cultură în această stare nouă, în zona de origine, timp de 6000 de ani, ajunge în anul 1412 în Europa, mai întâi în vestul bătrânului continent și de aici pe cale directă sau prin țări intermediare, în toată regiunea.

Între 1631 și 1679 ajunge pe teritoriul României sub forma unei germoplasme, oarecum transformată, putându-se diferenția mai multe forme. Dintre acestea o mai evidentă diferențiere s-a constatat la formele indurata cu „bobul tare", probabil ca urmare a introducerii acestui tip de porumb, mai devreme în România comparativ cu cel dentat, dar apreciem că motivația principală constatată a fost preferința țăranului român pentru acest tip de porumb. Odată ajuns pe teritoriul României, porumbul a fost primit cu mult interes și bucurie, constituind un eveniment deosebit pentru țăranul român, care s-a apropiat de porumb, poate mai mult decât de oricare altă specie (Andronescu D., 1938; Antonescu, S., 1983).

7.3.1.Caractererele genetice implicate în domesticirea porumbului

O genă denumită teosinte ramificat 1 (tb1) a fost studiată, identificându-se un fragment de genă ce aparține unei familii a factorilor de transcripție, fiind înserată la mijlocul acestei gene.

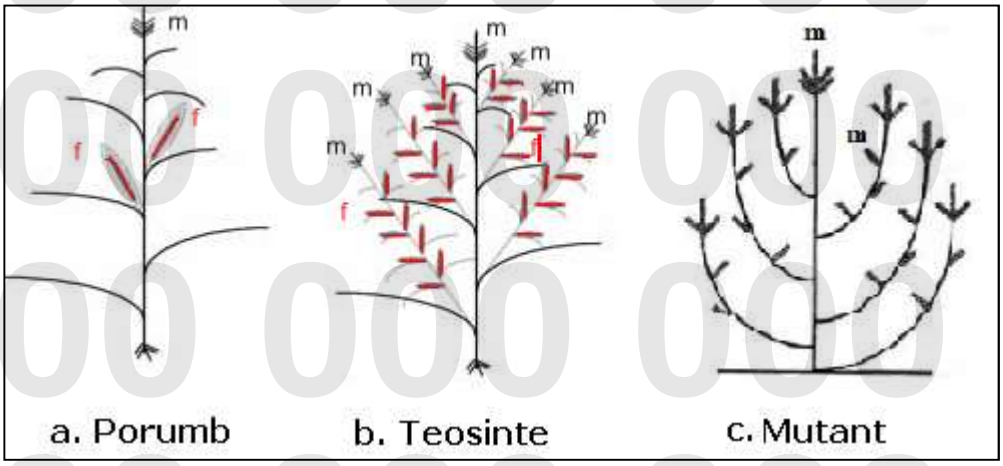


Fig. 7.4. Caracterele genetice care au stat la baza domesticirii porumbului

Printr-o mutație, prin transpoziție gena tb1 a devenit nefuncțională la porumb. Un transpozon a fost înserat la mijlocul acestei

gene. Mutanta obținută are același fenotip ca și teosintele (fig. 7.4.c) prezentând ramificații, dar nu au decât structuri masculine.

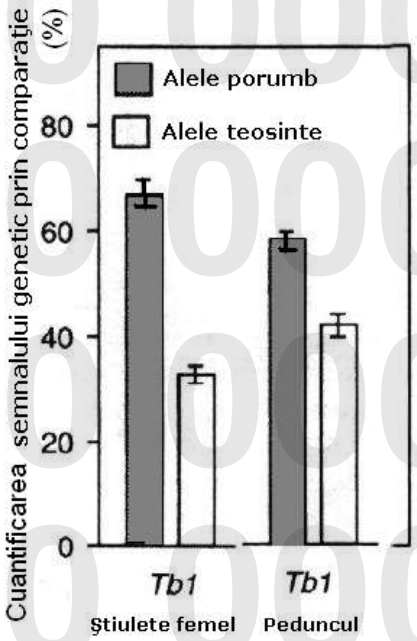


Fig. 7.5. Dozarea cantității de ARN-m, la porumb şi la teosinte

Această mutantă a fost încrucișată cu porumbul normal, obținându-se 112 fenotipuri normale în generația F_1 și 27 de genotipuri mutante în F_2. Genotipurile mutante au fost încrucișate cu teosintele, obținându-se 88 de fenotipuri de teosinte în F_1 și 75 de fenotipuri de teosinte și 23 de mutante în F_2.

Studiul secvențelor de proteină rezultate în urma transcripției după traducția genei tb1 a câtorva specii de porumb și teosinte sunt prezentate în fig. 7.5

Nu există nici o îndoială privind originea americană a acestei specii, iar în ceea ce privește căile și perioadele introducerii, din informațiile istoricilor rezultă că porumbul ar fi pătruns în Țara Românească în jurul anului 1679; în Transilvania între 1631 și 1678, și

după 1673 în Moldova dar nu pe cale directă ci prin țări intermediare (Spania, Italia, Turcia, Argentina, etc.).

7.3.2. Căile și perioadele introducerii porumbului în România

Ulterior în secolul al XVIII-lea au fost introduse forme de porumb cu 8 rânduri de boabe, din sudul Americii de Nord și din Vestul și Centrul Americii și de aici în România. În secolul al XIX-lea s-a introdus din Italia, porumbul Cincantin și Pignoletto. În urma unei secete severe care a compromis în mare măsură porumbul existent în cultură, s-a importat porumbul dentat (la Plata) din Argentina, care la rândul lui provenea din Centura Porumbului Corn Belt din SUA. Din aceste informații rezultă că prima germoplasmă de porumb introdusă în țara noastră datează de peste 350 de ani, în Țara Românească și Moldova și de peste 390 de ani în Transilvania, astfel că în toți acești ani porumburile noastre s-au adaptat condițiilor pedoclimatice existente pe teritoriul României (Radianu, 1906; Antonescu, 1932).

Cu privire la tipurile de endosperm, se constată că Porumbul indurat Comun, a fost introdus în Muntenia și Moldova din Turcia, în secolul al XVIII-lea, pe baza relațiilor dezvoltate în acea vreme, în cadrul dependenței politice de Turcia. Tot în secolul XVIII este introdus din America de Sud în nordulMunteniei și Olteniei, porumbul indurat cu 8 rânduri de boabe; în secolul al XIX-lea din Italia se introduc soiurile Cincantin și Pignoletto, cu boabe mici sticloase, care se răspândesc cu prioritate în Moldova; în secolul XIX se introduce de asemenea porumbul dentat, din Argentina.

Toate aceste forme de porumb au o variabilitate foarte mare, încrucișându-se liber între ele, intervenind selecția naturală și îndeosebi cea umană, țăranul selectând pentru recolta anului următor știuleții cei mai frumoși și mai mari, care au constituit materialul inițial de ameliorare pentru primii amelioratori de porumb.

7.3.3. Clasificarea porumbului

Pentru ordonarea porumbului în grupe naturale folosind anumite criterii de departajare au fost propuse mai multe sisteme de clasificare. Primele clasificări efectuate de botaniștii: Bonafaus, (1936), Korniche, (1855), Stutervant, (1899) și mai târziu Kulesha, (1929) și Grebenscikov (1979), toate având la bază caracterul bine cunoscut, îndeosebi caracterele știuletelui și ale boabelor. Formele de porumb, a căror caractere erau mai puțin clare, rămâneau înafara clasificării efectuate de acești botaniști, întrucât însăși sistemul de clasificare adoptat de ei nu își propunea acest lucru. Această operațiune este îngreunată de lipsa unor delimitări clare între diferite forme de porumb încadrate monotipic *Zea,* monoic și cu fecundare anemofilă care din cauza polenizării încrucișate se realizează un schimb continuu de gene între indivizii populațiilor și ca urmare apar dificultăți în adaptarea unui sistem standard și de clasificare, capabil să includă în el întreaga diversitate a porumbului.

7.3.3.1. Clasificarea artificială

Printre sistemele de clasificare adoptate, cel mai răspândit a fost sistemul aplicat de Sturtevant, care consideră că fiecare grup propus de el reprezintă o specie, iar *Zea mays* este o specie polimorfă. Acest sistem a fost aplicat de peste 100 de ani, bazându-se aproape în exclusivitate pe caracterele morfologice ale știuletelui și ale boabelor (indurat, dentat și mixt). Formele de porumb a căror caractere nu corespundeau acestor cerințe rămâneau înafara clasificării propuse de el. Acest sistem are un puternic caracter artificial, foarte rigid, motiv pentru care utilizarea lui este limitată, îndeosebi în industria de panificație și morărit.

Clasificarea lui Sturterant, bazându-se pe caracterele fizice ale boabelor, este obiectivă și lesne de efectuat, dar nu oferă nimic altceva decât niște înregistrări simpliste, ce pot fi asemănate cu înregistrările

efectuate într-o carte de telefon în care abonații sunt prezentați, conform criteriului adoptat, adică în ordine alfabetică. La fel și clasificarea artificială a porumbului grupează diversitatea germoplasmei acestor specii, pe baza unui singur criteriu: caracterele endospermului.

7.3.3.2. Clasificarea naturală

În opoziție cu sistemul artificial de clasificare, Anderson și Cutler (1972) elaborează un sistem de clasificare care în esență se sprijină pe filogenia porumbului, ceea ce în clasificarea artificială nu se regăsește, motiv pentru care acest sistem de clasificare poate fi considerat depășit. În prezent ne stau la dispoziție, date și informații noi necunoscute din timpul lui Sturterant. Astfel, prin descoperirile arheologice s-au obținut date utile pentru clasificarea naturală. De asemenea, studiile de genetică au pus la dispoziție rezultate relevante în acest sens, îndeosebi în ce privește raporturile între diferite structuri ale endospermului. În consecință astăzi se cunoaște că modificarea structurii sticloase și trecerea la cea dentată, este rezultatul acțiunii mai multor gene (control poligenic).

În opoziție cu clasificarea artificală, clasificarea naturală se sprijină pe întreaga constituție genetică, incluzând un număr mare de date genetice. Facem sublinierea importantă că pentru prima dată în România, caracterele paniculului, au fost luate în considerare, în stabilirea deosebirilor între diferite forme de porumb.

Sprijinându-se pe un fond genetic larg, clasificarea naturală devine mai flexibilă și mai completă, oferind posibilitatea includerii în acest sistem a marii majorități a diversității genetice a porumbului.

Cu toate aceste avantaje ale clasificării naturale, nu va substitui clasificarea artificială, ea rămânând importantă îndeosebi în industria de morărit și panificație.

7.4. Clasificarea naturală a germoplasmei de porumb în România

În România în perioada celor aproximativ 380-390 de ani de când se cultivă porumbul în condiții ecologice diferite, suprafețele ocupate cu porumb au crescut continuu, ajungând în anul 1947, numai după 297-300 de ani de la introducere, la o suprafață record de 4,3 milioane ha, sau aproximativ 40% din suprafața arabilă a țării. În medie însă, de-a lngul timpului, suprafața ocupată cu porumb a fost de aproximativ 3 milioane ha.

Întreaga suprafață cultivată era reprezentată de un volum uriaș de germoplasmă, alcătuită din populații și soiuri locale, care ulterior au stat la baza creării soiurilor ameliorate și a hibrizilor de porumb, obținuți din linii consangvinizate.

Valoarea populațiilor locale de porumb, pentru activitatea de ameliorare a preocupat cercetători români, astfel între 1921-1930, se creiază soiurile ameliorate de porumb: Românesc de Studina, la ferma Țigănești, Dinte de cal de Petroșani, la ferma Petroșani, Portocaliu de Zorleni la Ferma Zorleni și Portocaliu de Ezăreni la ferma Ezăreni a Institutului Agronomic Iași. Mai târziu odată cu înființarea Institutului de Cercetări Agricole a României (ICAR) în 1927 activitatea de ameliorare se extinde, cuprinzând și Stațiunile experimentale: Mărculești, Jud. Ilfov, Valul lui Traian, Jud. Constanța, Câmpia Turzii, Jud. Cluj, Tg. Frumos, Jud. Iași, Perieni, Jud. Vaslui și Chișcani Jud. Brăila. Folosind germoplasmă locală de porumb se crează până în anii ‘60, soiurile de porumb Dinte de cal ICAR 54 la Laboratorul central de ameliorare a porumbului a ICAR-lui, condus de amelioratorul Vladimir Moșneaga, Arieșan la Stațiunea Experimentală Câmpia Turzii, Portocaliu de Tg. Frumos, la Stațiunea Experimentală Tg. Frumos; Galben timpuriu la Stațiunea Experimentală Cluj, Hăngănesc de Suceava și Suceava 1 la Stațiunea Experimentală Suceava.

Soiurile și populațiile locale colectate aproape din toate zonele de cultură a porumbului din țara noastră, prin grija Institutului Central de Cercetări Agricole, Fundulea (ing. Cozma Octavian) și a Stațiunilor de Cercetări Agricole, Turda (dr. Ing. Lucia Roman), Lovrin Jud. Timiș (dr. Șuba Ritus), Albota, Jud. Argeș (dr. Ing. Ștefan Ion), Șimnic, Jud. Olt (dr.ing. Ilicievici S.) Podu Iloaiei, Jud. Iași (dr. Ing. Tamara Petrovici, Geoagiu, Jud. Hunedoara (dr.ing. Homorodeanu V.) și Suceava, Jud. Suceava (Mihai D. Cristea). O parte din materialul de cercetare colectat din întreaga țară a fost menținut, studiat și analizat în perioada 1957-1973, în condițiile Stațiunii de Cercetări Agricole Suceava, de echipa de cercetători din cadrul laboratorului de ameliorare a porumbului condusă de dr. ing. Mihai D. Cristea.

Pornind de la aceste considerente cercetătorii români (Covor, 1972, Cristea, 1977, Căbulea, 1982), au folosit sistemul natural de clasificare al lui Anderson şi Cutler pentru că acest sistem a determinat descoperirea unor raporturi de origine şi în acelaşi timp a ajutat amelioratorii la inventarierea surselor de germoplasmă românească de porumb (Cristea, 1977).

Etapele acţiunii de clasificare naturală iniţiată de Cristea şi colab (1977) au fost următoarele :

- prospectarea şi colectarea surselor de germoplasmă locală din România;
- studiul caracterelor morfologice, fiziologice, biochimice, genetice, citologice ale materialului colectat în vederea clasificării;
- clasificarea propriu-zisă, conform principiilor clasificării naturale elaborate de Anderson şi Cutler;
- stabilirea legăturilor filogenetice între rase;
- inventarierera genelor favorabile din populaţiile locale şi conervarea *ex situ* a acestora;
- utilizarea germoplasmei locale în vederea creării de soiuri sintetice, hibrizi simpli, dubli şi triliniari cu însuşiri

valoroase, punându-se accent pe rezistenţa la factorii de stress biotici şi abiotici.

- recunoaşterea rolului populaţiilor locale, ca material iniţial de ameliorare, iar acolo unde hibrizii de porumb nu erau adaptaţi la condiţiile vitrege de mediu, populaţiile locale se cultivau încă pe suprafeţe înseminate.

Activitatea de analiză și studiu a populațiilor locale din Moldova, cu precădere din Bucovina, după care ulterior pe baza materialului primit de la stațiunile amintite a cuprins aproape întreaga germoplasmă locală de porumb din România. Numărul probelor studiate a fost de 1880 (tabelul 7.1.).

Probele de porumb colectate au fost păstrate de fiecare unitate de cercetare, dar numai Staţiunea de Cercetare Agricolă Suceava, la iniţiativa lui M. Cristea a inventariat toate probele colectate şi le-a depozitat la temperatura de $+7^0$C în recipiente din metal, pe o durată de 30 de ani (foto 7.1).

Tabelul 7.1.

Volumul şi provenienţa materialului colectat în perioada1957-1975 ştudiat la Staţiunea de Cercetare Agricolă Suceava, în vederea clasificării naturale (după Cristea, 1977)

Zona	Numărul probelor colectate şi studiate	Judeţe de unde au fost colectate
Moldova	1179	Bacău, Botoşani, Galaţi, Iaşi, Neamţ, Suceava, Vaslui, Vrancea
Transilvania	340	Alba, Arad, Bihor,Bistriţa Năsăud, Braşov, Cluj, Harghita, Hunedoara, Maramureş, Mureş, Satu Mare, Sălaj, Sibiu
Muntenia	77	Argeş, Dîmboviţa, Ilfov, Teleorman
Banat	179	Caraş- Severin, Timiş
Oltenia	105	Dolj, Gorj, Mehedinţi, Olt, Vâlcea
Total probe studiate şi număr de judeţe explorate	**1880**	**32**

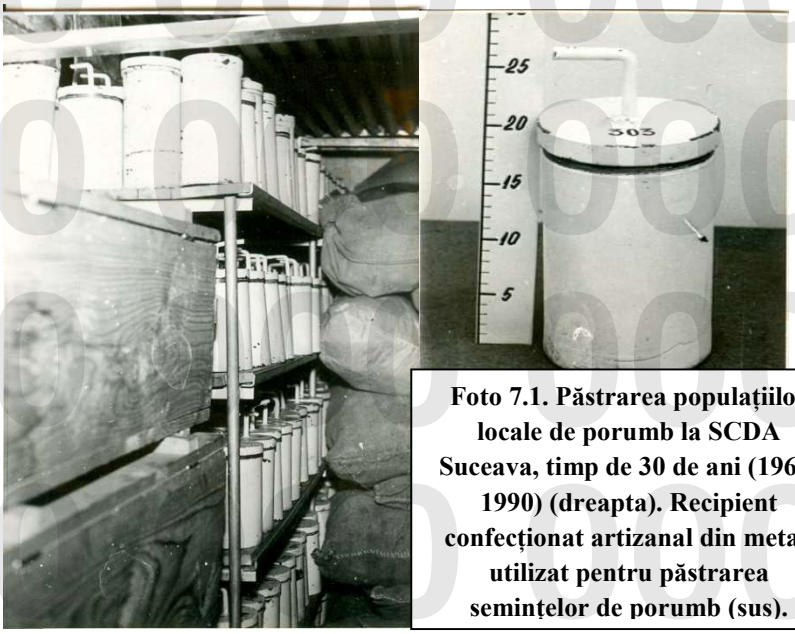


Foto 7.1. Păstrarea populațiilor locale de porumb la SCDA Suceava, timp de 30 de ani (1960-1990) (dreapta). Recipient confecționat artizanal din metal, utilizat pentru păstrarea semințelor de porumb (sus).

În aceste expediţii s-au colectat 1880 de probe din 32 de judeţe.Cercetătorii de la celelalte instituții au depozitat probele în condiţii necontrolate de mediu, le-au reînmulţit în câmp, dar în timp, o parte dintre acestea s-au pierdut, altele au fost donate universităţilor agricole, iar cea mai mică parte a fost trimisă la Banca de Resurse Genetice Vegetale „Mihai Cristea” Suceava (SCDA Turda, SCDA Lovrin).

Pentru ca această amplă acţiune să nu rămână doar o simplă activitate în sine, laboratorul de ameliorare a porumbului, din cadrul Staţiunii de Cercetare Agricolă Suceava, coordonat de M. Cristea, a efectuat un studiu complex în perioada 1962-1975 caracterizând cele 1880 accesii de porumb, unde au folosit 42 descriptori, din care 14 ai plantei, 10 ai paniculului, 12 ai ştiuletelui şi 5 ai bobului.

În anul 1990, odată cu înființarea Băncii de Resurse Genetice Vegetale Suceava, toate populațiile locale păstrate la SCDA Suceava au

fost transferate la Bancă, depozitându-se în condiții controlate de mediu, pe durată medie medie și lungă de timp.

Porumbul are o variabilitate naturală deosebită fiind adaptat la o mare diversitate de condiţii climatice de la 58^0 latitudine nordică la 40^0 longitudine sudică şi până la 3800 m altitudine (Hallauer şi Miranda, 1981).

În ţara noastră Șuba (1970) evidenţiază populaţii cu producţii apropiate hibrizilor dubli străini, iar Cosmin şi colab (1959), Grecu (1962) şi Ilicievici (1972) au evidenţiat populaţii superioare soiurilor zonate în acea perioadă. Populaţiile din Bucovina s-au distins prin precocitate, capacitate ridicată de combinare între ele şi testeri străini, rezistenţă la frig, calitate superioară, etc. (Cristea , 1970).

7.4.1. Eroziunea genetică a populațiilor locale de porumb din România

După anii 90, echipele de colectare de la Banca de Gene Suceava au explorat peste 1556 de localităţi din țară, colectând seminţe şi organe vegetative de la peste 280 de specii de plante. În fiecare expediţie s-au colectat probe de porumb, dar numărul populaţiilor autentice de porumb colectate a fost din ce în ce mai scăzut. Aceste fenomen de dispariţie a varietăţilor tradiţionale de porumb are următoarele cauze:

- Cultivarea populaţiilor locale în acelaşi loc cu hibrizii de porumb;
- Introducerea hibrizilor moderni în cultură;
- Neacordarea de sprijin financiar agricultorilor care folosesc varietăţi tradiţionale;
- Îmbătrânirea forţei de muncă prin migrarea tineretului de la sat la oraş;
- Schimbarea destinaţiei terenurilor agricole (agroturism, construcţii industriale).

De aceea, considerăm că este necesară o conştientizare a factorilor de decizie, pentru a opri acest fenomen deosebit de periculos de dispariţie a formelor locale, pentru că odată cu dispariţia acestora se va îngusta şi baza genetică a materialului iniţial de ameliorare şi implicit a acestei specii.

Pentru a evidenţia acest fenomen de îngustare a bazei genetice s-au realizat o serie de studii și analize (Murariu D., şi colab, 2010) pe populaţii locale de porumb originare din localităţi cu tradiţie în cultivarea acestora, unde hibrizii nu au pătruns încă. S-au efectuat observații pe 47 de populaţii de porumb originare din diferite localităţi din judeţul Suceava. Trebuie evidențiată inițiativa autorilor de a efectua un studiu care reprezintă o premieră în literatura de specialitate, abordând una din problemele actuale ale cercetărilor genetice, cu impact puernic asupra evoluției germoplasmei locale de porumb din România, și anume eroziunea genetică, care reprezintă cel mai puernic dușman al diversității genetice. Sintetic vorbind, putem spune că este cel mai distrugător factor, al posibilităților de creștere a productivității celei mai importante plante de cultură din țara noastră.

Probele de porumb analizate sunt originare din 4 localităţi (Broşteni, Vama, Vatra Moldoviţei şi Frumosu- fig. 7.6.) situate la altitudini foarte diferite, de la 442 m până la 639 m. În cele 4 localităţi au fost identificate două rase: Hăngănesc şi Moldovenesc (foto 7.2 şi foto 7.3)

Foto 7.2. Moldovenesc de Broşteni;

Foto 7.3. Hăngănesc de Vama

Din analiza datelor, cele două rase de porumb au evoluat de-a lungul celor 32 de ani, (1970-2002) astfel:

1. Localitatea Broşteni

Probele analizate au fost colectate din anii 1970, 1971, 1990 şi 1995. Toate aparţin rasei Hăngănesc.

În tabelul 7.2. sunt redaţi descriptorii care descriu rasa Hăngănesc în comparaţie cu valorile înregistrate la patru populaţii de porumb ce aparţin aceleiaşi rase, originare din localitatea Broşteni Judeţul Suceava.

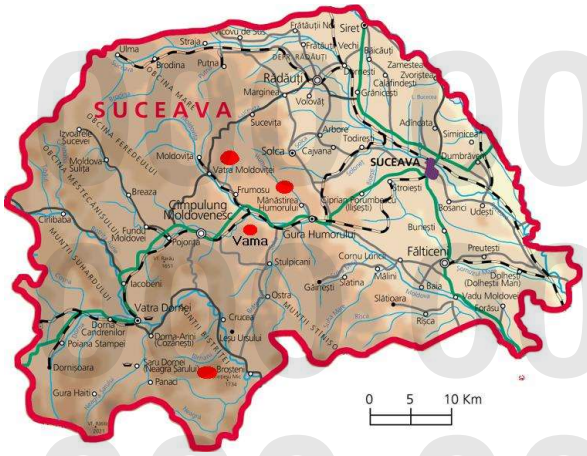


Fig. 7.6. Originea raselor de porumb Hăngănesc şi Moldovenesc

Tabelul 7.2.

Valorile medii ale descriptorilor specifice rasei Hăngănesc, determinaţi la 4 populaţii de porumb originare din localitatea Broşteni, Judeţul Suceava.

Descriptorii	Caracterele specifice rasei Hăngănesc*	Denumirea probei			
		Broşteni 244	**Brosteni 247**	**Brosteni 9**	**Brosteni 14**
Data colectării		**1970**	**1971**	**1990**	**1995**
Înălţimea plantei (cm)	**132-172**	151,0	175,7	185,2	201,1
Lungimea paniculului (cm)	**25,5**	27,5	29	29,4	33,1

Numărul de ramificaţii primare	**8,8**	8	7,66	15,1	9,1
Numărul de ramificaţii secundare	**1,7**	1,2	1	2,7	2
Numărul total de frunze	**8,3**	6,5	7,83	9,5	9,1
Numărul de frunze până la ştiuletele principal	**4**	3,5	4	5,3	4,9
Înălţimea de inserţie a ştiuletelui (cm)	**44,0**	43,5	51,66	69,9	69,4
Diametrul maxim al tulpinii (mm)	**14,3**	14,20	13,96	16,13	16,33
Lungimea ştiuletelui (cm)	**11,5**	12,15	11,15	12,93	12,70
Numărul de rânduri de boabe	**12-18**	13	16,3	17,2	15,8
Lungimea bobului (mm)	**7,8**	7,83	8,14	9,39	8,87
Lăţimea bobului (mm)	**6,2**	6,42	6,63	6,64	7,2
Masa a 1000 de seminţe (g)	**150-191,6**	150	170	176	212

* (după „Rasele de porumb din România”, Cristea M., 1977)

Rezultatele obţinute reliefează următoarele aspecte:

- Proba colectată în anul 1995, prezintă valori mai ridicate la majoritatea descriptorilor, în comparaţie cu proba colectată în anul 1970;
- După o perioadă de 25 de ani, valorile descriptorilor atât ale plantei cât şi a ştiuletelui au crescut;
- Prin modificarea acestor însuşiri, rasa Hăngănesc colectată în anul 1995 are însuşiri mult diferite de caracterele tipice ale acestei rase, ceea ce demonstrează faptul că eroziunea genetică s-a manifestat într-un grad ridicat în această localitate, chiar dacă este situată la peste 600 m. altitudine.

2. Localitatea Frumosu

Cele 6 probe luate în studiu, au fost colectate în 6 ani diferiţi (1971, 1972, 1973, 1988, 1995, 2002). Ca şi în cazul probelor colectate din localitatea Broşteni, toate probele aparţin rasei Hăngănesc.

Valorile din tabelul 7.3 descriu rasa Hăngănesc în comparaţie cu valorile descriptorilor înregistrate la 6 populaţii de porumb ce aparţin aceleiaşi rase, colectate din localitatea Frumosu, Judeţul Suceava.

Tabelul 7.3.

Valorile medii ale descriptorilor specifice rasei Hăngănesc, determinaţi la 6 populaţii de porumb originare din localitatea Frumosu, Judeţul Suceava.

Descriptorii	**Caracterele specifice rasei Hăngănesc***	**Denumirea probei**					
		Frumosu 161	**Frumosu 406**	**Frumosu 162**	**Frumosu 15**	**Frumosu 26**	**Frumosu 32**
Data colectării		**1971**	**1972**	**1973**	**1988**	**1995**	**2002**
Înălţimea plantei (cm)	**132-172**	149,7	175,1	153,7	169,5	192,1	215,7
Lungimea paniculului (cm)	**25,5**	25,6	31,8	26,7	32,8	34,1	36
Numărul de ramificaţii primare	**8,8**	10,2	11,5	8,2	9,1	6,2	10,7
Numărul de ramificaţii secundare	**1,7**	0,6	2,5	1,8	1,7	0,3	0,8
Numărul total de Frunze	**8,3**	7,9	8	7,7	8,6	8,1	8,2
Numărul de frunze până la ştiuletele principal	**4**	3,5	4,1	3,5	3,4	3,2	4,8
Înălţimea de inserţie a ştiuletelui (cm)	**44,0**	41,5	50,7	35,9	48,7	54,3	61,4
Diametrul maxim al tulpinii (mm)	**14,3**	13,95	18,45	16,64	16,64	17,75	19,67
Lungimea ştiuletelui (cm)	**11,5**	11,43	13,13	9,85	12,53	12,77	12,30
Numărul de rânduri de boabe	**12-18**	16,8	14,8	15,8	14,00	18,00	17,25
Lungimea bobului (mm)	**7,8**	8,53	9,08	8,39	9,23	8,77	8,5

Lăţimea bobului (mm)	**6,2**	6,83	7,61	7,11	8,04	7,25	7,01
Masa a 1000 de seminţe (g)	**150-191,6**	162	195	197	200	208	204

*(după „ Rasele de porumb din România”, Cristea M., 1977)

Din valorile obținute se desprind următoarele concluzii:

- Probele colectate în anii 1995 şi 2002, prezintă valori mai ridicate ale descriptorilor înălţimea plantei şi lungimea paniculului, în comparaţie cu probele colectate în anii 1971, 1972 şi 1973;
- După o perioadă de 30 de ani, valorile descriptorilor ale plantei, ştiuletelui şi cariopsei au suferit o creştere uşoară, faţă de probele colectate în anul 1971;
- Proba colectată în anul 2005 are valori uşor superioare faţă de probele colectate în anii 1972 şi 1973, ceea ce demonstrează faptul că în localitatea Frumosu, în decurs de 30 de ani, plantele au suferit unele transformări, dar nu atât de evidente ca în localitatea Broşteni.

3. Localitatea Vatra Moldoviţei

Probele analizate au fost colectate din anii 1972, 1985 şi 1989 din loc. Vatra Moldoviței, Jud. Suceava. Toate aparţin rasei Moldovenesc, iar descriptorii ce descriu această rasă, prezentați în tabelul 7.4. sunt comparați cu cei înregistrați la probele colectate în trei ani diferiți.

Tabelul 7.4.

Valorile medii ale descriptorilor specifice rasei Moldovenesc, determinați la 3 populaţii de porumb originare din localitatea Vatra Moldoviţei, Judeţul Suceava.

Descriptorii	**Caracterele specifice rasei Moldovenesc ***	**Denumirea probei**		
		Vatra Mold. 423	**Vatra Mold. 2**	**Vatra Mold. 427**
Data colectării		**1972**	**1985**	**1989**

Înălţimea plantei (cm)	**185,6**	171,3	160,5	165,5
Lungimea paniculului (cm)	**28,9**	30,12	27,4	28,4
Numărul de ramificaţii primare	**15,7**	8,25	4,5	8,7
Numărul de ramificaţii secundare	**0,9**	0,6	0,6	0,37
Numărul total de frunze	**8,7**	8,0	7,0	7,76
Numărul de frunze până la ştiuletele principal	**4,8**	3,2	3,1	3,7
Înălţimea de inserţie a ştiuletelui (cm)	**46,4**	46,1	35,6	38,2
Diametrul maxim al tulpinii (mm)	**17,4**	16,03	15,63	17,56
Lungimea ştiuletelui (cm)	**16,7**	14,73	10,79	12,73
Numărul de rânduri de boabe	**14,2**	15,5	14,2	13,8
Lungimea bobului (mm)	**8,2**	7,36	8,13	8,01
Lăţimea bobului (mm)	**7,1**	7,52	7,64	6,61
Masa a 1000 de seminţe (g)	**220**	206	178	188

*(după „ Rasele de porumb din România” Cristea M., 1977).

Rezultatele obținute au scos în evidență următoarele aspecte:

- Dacă proba de porumb colectată în anul 1972 a prezentat caractere foarte asemănătoare rasei Moldovenesc, după 17 ani, caracterele rasei s-au modificat semnificativ, bobul s-a redus ca lungime şi lăţime iar masa a 1000 de boabe este asemănătoare cu masa a 1000 de boabe de la rasa Hăngănesc.
- După o perioadă de 17 de ani, este posibil să se fi realizat o impurificare a acestei rase cu rasa Hăngănesc sau Cincantin, având loc scăderea înălţimii plantei, a înălţimii de inserţie a ştiuletelui şi a lungimii ştiuletelui, dar caracterele de bază a rasei şi anume: forma ştiuletelui şi a boabelor au rămas neschimbate, reducându-se doar dimensiunile acestor trei descriptori.

4. Localitatea Vama

Cele 4 probe analizate, au fost colectate în 4 ani diferiţi (1972, 1985, 1988, 2002). Ca şi în cazul probelor originare din Broşteni şi Frumosu toate probele aparţin rasei Hăngănesc.

În tabelul 7.5. sunt redaţi descriptorii care descriu rasa Hăngănesc în comparaţie cu valorile înregistrate la patru populaţii de porumb ce aparţin aceleiaşi rase, originare din localitatea Vama, Judeţul Suceava.

Tabelul 7.5.

Valorile medii ale descriptorilor specifice rasei Hăngănesc, determinate la 4 populaţii de porumb originare din localitatea Vama, Judeţul Suceava.

Descriptorii	**Caracterele specifice rasei Hăngănesc***	**Denumirea probei**			
		Vama 404	**Vama 10**	**Vama 19**	**Vama 1**
Data colectării		**1972**	**1985**	**1988**	**2002**
Înălţimea plantei (cm)	**132-172**	156,75	108,2	169,66	181,4
Lungimea paniculului (cm)	**25,5**	26,75	28,57	28,0	31,7
Numărul de ramificaţii primare	**8,8**	8,5	3,87	5,60	6,4
Numărul de ramificaţii secundare	**1,7**	1,6	1,56	1,7	1,6
Numărul total de frunze	**8,3**	6,62	7,57	7,33	7,9
Numărul de frunze până la ştiuletele principal	**4**	2,8	3,7	3,66	3,8
Înălţimea de inserţie a ştiuletelui (cm)	**44,0**	37,5	39,7	42,3	51,9
Diametrul maxim al tulpinii (mm)	**14,3**	17,5	14,9	19,1	15,79
Lungimea ştiuletelui (cm)	**11,5**	11,9	12,03	12,5	11,83
Numărul de rânduri de boabe	**12-18**	16,5	16,85	15,3	18,4
Lungimea bobului (mm)	**7,8**	7,9	8,1	8,06	8,13
Lăţimea bobului (mm)	**6,2**	6,8	6,6	7,1	6,8
Masa a 1000 de seminţe (g)	**150-191,6**	180	160	188	180

*(după „ Rasele de porumb din România”, Cristea M., 1977)

Datele obținute au scos în evidenţă următoarele aspecte:

- Proba colectată în anul 2002, prezintă valori mai mari ale descriptorilor, a înălţimii plantei, înălţimii de inserţie a ştiuletelui şi lungimea paniculului. Lungimea ştiuletelui, lungimea şi lăţimea bobului, masa a 1000 de seminţe sunt aproape neschimbate după 30 de ani de la data primei acţiuni de colectare în localitatea Vama (1972).
- Probele colectate din comuna Vama în anul 2002 prezintă caractere tipice rasei Hăngănesc şi foarte apropiate de proba colectată în anul 1972.

În urma analizei stadiului eroziunii genetice a populaţiilor de porumb colectate în decurs de 32 de ani (1970-2002) şi evaluate în anii 2009 și 2010 în câmpul experimental al Băncii de Gene Suceava, se desprind următoarele concluzii:

- Caracterele rasei Hăngănesc s-au modificat puternic în localitatea Broşteni, într-o măsură mai mică în localitatea Frumosu, iar în localitatea Vama această rasă a rămas neschimbată după 30 de ani de la data primei colectări, îndeosebi la descriptorii referitori la bob şi ştiulete.
- Rasa Moldovenesc a suferit modificări importante în localitatea Vatra Moldoviţei, apărând pericolul ca în viitorul apropiat să dispară şi să fie înlocuită cu subrasa Hăngănesc/Moldovenesc.

Pentru conservarea populaţiilor locale la nivelul gospodăriilor individuale trebuie să ţinem cont de următoarele cerinţe:

- Importanța acestei specii pentru securitatea alimentară națională;
- Sprijinirea localnicilor, prin programe de dezvoltare rurală, pentru conservarea și menținerea în cultură a populațiilor locale de porumb;

- Monitorizarea modului de conservare a populaţiilor locale de către agricultori și prevenirea extincţiei acestora;

Pentru menţinerea agrobiodiveristăţii în România, și implicit a populațiilor locale de porumb, care se găsesc într-un număr mult mai mare decât în multe alte ţări europene, datorită condiţiilor climatice, a reliefului foarte variat și a păstrării tradiţiilor de către poporul român, este necesară acordarea unei atenţii sporite activităţii de conservare ”on farm”.

De aceea, considerăm că pentru a putea discuta despre o reală conservare ”on farm” în România, nu numai a populaţiilor de porumb ci şi a formelor locale ce aparţin altor specii de plante, referindu-ne în special la acele specii pe cale de dispariție (ex. *Triticum monococcum, Vicia faba, Lens culinaris, Fagopyrum sagitatum, etc.*) şi menţinerea acestora în locaţiile unde s-au adaptat cel mai bine condiţiilor de mediu, trebuie să ţinem cont de:

- Necesitatea obţinerii de către agricultori a unor beneficii reale prin cultivarea populaţiilor locale;
- Îmbunătăţirea acelor însuşiri cantitative şi calitative observate de agricultori ca fiind inadecvate;
- Creşterea accesului pe piaţă a populaţiilor locale sau crearea unor pieţe exclusiv pentru populaţii locale;
- Promovarea agro-eco-turismului;
- Accesul agricultorilor la populaţii locale şi stabilirea unor reţele de schimb de seminţe;
- Introducerea unor subvenţii indirecte (asigurarea unor servicii locale, construcţii de drumuri), sau directe (recompense în bani) pentru agricultorii ce cultivă populaţii locale;
- Stimularea agricultorilor care asigură conservarea sustenabilă a speciilor ţintă, în cadrul sistemului agricol

tradiţional, din localităţile stabilite ca centre de agrodiveristate;

Dat fiind faptul că termenul „conservare *on farm*" este destul de nou, în general, nu se acordă importanţa cuvenită acestei activităţi, De felul cum vom şti să gestionăm agro-biodiversitatea, vom putea să asigurăm un fond genetic valoros pentru îmbunătățirea bazei genetice a noilor cultivare create, care vor asigura securitatea alimentară pentru generaţiile prezente cât şi pentru cele viitoare.

7.5. Ameliorarea științifică a porumbului în România

Populaţiile locale româneşti sunt foarte diferite, aşa cum sunt şi condiţiile ecologice din ţara noastră, sub influenţa cărora s-au format şi peste care s-au suprapus efectele selecţiei empirice făcute de mii de cultivatori, fiecare în felul său. Cu toate că sunt foarte eterogene, ele se grupează în rase distincte, care ocupă fiecare un anumit areal (Cristea, 1975).

În ameliorarea porumbului populaţiile locale pot prezenta un interes deosebit, mai ales ca surse de gene utile pentru capacitatea de adaptare şi pentru unele însuşiri agronomice, fiziologice şi de calitate valoroase.

Soiul este rezultatul final al unui proces de ameliorare, care conduce la obţinerea unui grup de indivizi relativ asemănători, având o anumită constituţie genetică, particularităţi morfologice distincte şi unele însuşiri fiziologice, biologice şi economice stabile. După Potlog şi Velican (1974), soiul, la porumb, ca plantă alogamă, este o familie de biotipuri asemănătoare, cu un fond de gene valoros. Bogăţia de biotipuri conferă soiului adaptare ecologică.

Hallauer şi Miranda (1981), citându-l pe Lonn Quist, precizează că prin soi sintetic se înţelege - o populaţie cu polenizare liberă rezultată din hibridări între plante autofecundate sau linii şi apoi menţinută prin metode de selecţie în masă obişnuite, efectuate în parcele izolate.

Hibridările dintre liniile parentale se fac în sistem dialel, pentru ca participarea lor în populaţie să fie balansată. Când în loc de linii consangvinizate se interpolenizează soiuri cu polenizare liberă, se obţin compozite sau soiuri (populaţii) compozite. Populaţiile sintetice şi compozitele reprezintă un rezervor important de germoplasmă valoroasă pentru crearea de linii consangvinizate şi hibrizi.

Liniile consangvinizate sunt descendenţe uniforme şi constante, homozigote, obţinute după mai multe generaţii succesive de autopolenizare şi selecţie. Uniformitatea şi stabilitatea liniilor consangvinizate permit ca un hibrid să fie reprodus ori de câte ori este nevoie, cu aceleaşi caractere şi însuşiri. Valoarea liniilor consangvinizate este dată, în principal, de capacitatea de combinare, dar şi de însuşirile lor agronomice, care deseori se regăsesc în hibrizi (Hallauer şi Miranda,1981).

Hibrizii reprezintă produsul unei încrucişări între părinţi diferiţi din punct de vedere genetic şi sunt de o mare diversitate (tabelul 7.6.)

Tabelul 7.6.

Tipurile de hibrizi după numărul şi aranjamentul liniilor parentale şi după felul partenerilor (adaptare după Jugenheimer, 1976)

Tipul hibrizilor	Formulele de combinare
Hibrizi din testare	(A) x soi (sorto-liniari) sau (A x B) x soi
Hibrizi simpli	(A x B)
Hibrizi simpli modificaţi	(A x A) x (B)
Hibrizi cu linii surori	(A x A) x (B x B)
Hibrizi triliniari	(A x B) x (C)
Hibrizi triliniari modificaţi	(A x B) x (C x C)
Hibrizi dubli	(A x B) x (C x D)
Hibrizi cu două încrucişări regresive	[(A x B) x A] x [(C x D) x C]
Hibrizi dubli cu o încrucişare regresivă	(A x B) x [(C x D) x C]
Hibrizi multipli	[(A x B) x (C x D)] x [(E x F) x (G x H)]
Populaţii sintetice	Din peste 4 linii consangvinizate
Compozite	Din forme diferite (soiuri, populaţii)

După cum se observă, în procesul de ameliorare se produce o mare diversitate de hibrizi, dar s-au folosit în producţie, pe scară largă, numai hibrizii între linii consangvinizate. Important este însă faptul că toate aceste tipuri de hibrizi şi încrucişări, constituie un material iniţial valoros în procesul de ameliorare, deoarece cumulează multe gene favorabile procesului de ameliorare a porumbului.

7.6. Fondurile genetice de porumb aflate în inventarul instituțiilor de cercetare dezvoltare agricolă din România

Referitor la una din cele mai importante plante de cultură din ţara noastră - porumbul, în anul 2009, I. Haş (SCDA Turda) împreună cu cercetători de la instituțiile de ameliorare din țară, a prezentat situaţia germoplasmei de porumb din Romînia. Autorii au cules date privind germoplasma de porumb reprezentată de populaţii locale, populaţii sintetice şi compozite, soiuri şi linii consangvinizate, de la instituţiile cu preocupări în acest domeniu: I.N.C.D.A. Fundulea, S.C.D.A. Turda,S.C.D.A. Suceava, S.C.D.A. Şimnic, S.C.D.A. Lovrin şi S.C.D.A. Podu-Iloaiei.

Studiul efectuat prezintă etapele în colectarea, înbunătăţirea, crearea şi conservarea germoplasmei de porumb în România, tipul germoplasmei cu numărul de genotipuri la categoriile menţionate anterior. Sunt reliefate, de asemenea, aspecte importante privind: capacitatea de producţie şi calitatea bobului la unele populaţii sintetice, rezistenţa plantelor la temperaturi scăzute, la frângere şi cădere, linii consangvinizate create din populaţii locale, sintetici şi composite.

La nivelul anului 2009, inventarul germoplasmei de porumb din România este prezentat în tabelele 7.7., 7.8., 7.9., 7.10., 7.11., 7.12. şi 7.13. În acest inventar sunt incluse populaţiile locale, populaţiile sintetice, compozitele, soiurile şi liniile consangvinizate, acestea din urmă fiind grupate în creaţii în instituţiile proprii şi creaţii ale altor instituţii similare din ţară şi din străinătate.

Tabelul 7.7.

Germoplasma de porumb aflată în inventarul INCDA Fundulea la nivelul anului 2009

Nr. crt.	Tipul germoplasmei şi număr de genotipuri		Observaţii
1.	Soiuri de porumb *	26	Se menţin prin înmulţirea sub izolatori la INCDA Fundulea
1.1	- soiuri româneşti	21	
1.2	- soiuri străine	5	
2.	Populaţii locale**	279	O parte din populaţiile din colecţia INCDA Fundulea au fost trimise spre conservare la Banca de Gene Suceava
2.1	- populaţii locale româneşti	245	
2.2	- populaţii locale străine	34	
3.	Populaţii sintetice şi composite ***	139	Menţinerea se face la 3-4 ani la INCDA Fundulea
3.1	- sintetici creaţi la INCDA Fundulea	26	
3.2	- sintetici străini	113	
4.	Liniiconsangvinizate	2463	Menţinerea serealizează la 3- 5 ani prin alternarea autopolenizării cu SIB
4.1.	- LC create la INCDA Fundulea	1116	
4.2.	- LC create în alte instituţii de		
4.3	C-D româneşti	75	
4.4	- LC străine	1272	
	- LC purtătoare de gene de interes	100	

* Soiuri româneşti menţinute la INCDA Fundulea: Arieşan, Lăpuşneac, Galben Timpuriu, Dobrogean, ICAR – 54, Portocaliu de Tg. Frumos, Românesc de Studina, Suceava 1, Hăngănesc.

- Soiuri străine: Conico- Nortenao, Red King, Danube, Tuxpeno.

** Populaţii româneşti: Măseaua Calului de Căzăneşti, Românesc de Ceptura, Românesc de Storobăneasa, Scorumnic de Fântânele, Românesc de Gurbăneşti, Colţul Calului de Nămoloasa, Alb de Vârtoapele, Portocaliu de Călineşti, Populaţie de Govora

*** Populaţii sintetice româneşti: Sintetic 1-4, Sintetic 5-9, Sintetic linii indurata, Sintetic linii ICAR- 54, Sintetic rezistent la temperaturi scăzute, Sintetic rezistent la *Fussarium*, Sintetic rezistent la *Ostrinia nubilalis*, Sintetic O_2, Sintetic rezistent la secetă + arşiţă, Sintetic Şimnic etc. Populaţii sintetice străine: Sintetic WF 9, Exotic Early 3, Minnesotta Syn AS-B, Sintetic SCo_2 , Sintetic Oh43, Sintetic B37, Exotic late (27) etc.

Tabelul 7.8.

Germoplasma de porumb aflată în inventarul SCDA Turda la nivelul anului 2009

Nr. crt.	Tipul germoplasmei şi număr de genotipuri		Observaţii
1.	Soiuri de porumb *	3	Se menţin la SCDA Turda
2.	Populaţii locale**	297	- 20 populaţii au fost colectate în anul 2008; - se inmulţesc la 3- 4 ani, sub izolatori.
3.	Populaţii sintetice şi composite *** - create la SCDA Turda - obţinute prin schimburi internaţionale	60 30 30	- menţinute la SCDA Turda - programe de selecţie recurent reciprocă "în conservare" – 4 (3 half-sib şi 1 full-sib)
4. 4.1. 4.2. 4.3.	Linii consangvinizate - LC create în instituţie - LC create în alte instituţii de C-D româneşti - LC străine	1386 628 758 111 647	- menţinerea se realizează la SCDA Turda, odată la 3-5 ani. - s-au trimis pentru menţinere la Banca de Resurse Genetice Vegetale peste 250 genotipuri.

* Soiuri: Arieşan, Galben Timpuriu, Lăpuşneac;

** Populaţii locale reprezentative pentru zona centrală şi de nord a ţării: Ungheni, Cheţani, Dumbrăvioara, Mihalţ, Nepos, Sănduleşti, Mihai Viteazu, Valea Largă, Gilău, Josenii Bârgăului, Lancrăm, Vişeu, Deseşti, Hărniceşti, Suciu de Sus, Beriu;

*** Populaţii sintetice şi composite create la SCDA Turda : TuSyn 1, TuSyn 2, TuSyn 5, TuSyn 6, Tu Syn DCT, TuSyn Gutin, TuSyn Mara, Comp. A, Comp. B etc.

Tabelul 7.9.

Germoplasma de porumb aflată în inventarul SCDA Suceava la nivelul anului 2009

Nr. crt.	Tipul germoplasmei şi număr de genotipuri		Observaţii
1.	Soiuri de porumb	-	-

2.	Populaţii locale*	500	- 200 de populaţii evaluate şi multiplicate în 2006 şi 2007; - 300 de populaţii evaluate şi multiplicate în 2009şi 2010; - probele multiplicate au fost predate la Banca de Gene Suceava
3.	Populaţii sintetice şi composite		-
4.	Linii consangvinizate	516	
4.1.	- LC create în instituţie	254	- 125 LC predate la Banca de Gene Suceava; - 137 LC predate la Banca de Gene Suceava
4.2.	- LC create în alte instituţii		
4.3	de C-D româneşti	25	
	- LC străine	237	

* Populaţii locale reprezentative zonei de nord-est: Hăngănesc, Cincantin, Brodina, Pojorâta, Vama 31, Ciocăneşti, Putna 3, Frumosu 12, Solca 3, Slatina 22, etc.

Tabelul 7.10.

Germoplasma de porumb aflată în inventarul SCDA Podu Iloaiei la nivelul anului 2009

Tipul germoplasmei şi număr de genotipuri		Observaţii
Populaţii sintetice şi compozite	4	
Linii consangvinizate:	575	
- LC create în alte instituţiide C-D româneşti	306	
- LC create în instituţie,	269	
- din care:		
- LC create din populaţii locale	74	

Tabelul 7.11.

Germoplasma de porumb aflată în inventarul SCDA Şimnic la nivelul anului 2009

Nr. crt.	Tipul germoplasmei şi număr de genotipuri		Observaţii
1.	Populaţii locale*	173	- 110 populaţii locale menţinute la SCDA Şimnic

			- 63 populaţii transmise spre păstrare la Banca de Gene Suceava
2.	Populaţii sintetice şi composite**	5	- menţinute la SCDA Şimnic
3.	Linii consangvinizate - LC create în instituţie - LC create în alte instituţii de C-D româneşti - LC străine	640 525 89 26	- menţinute la SCDA Şimnic

* Populaţii locale reprezentative zonei de sud-vest: Şimnic II, Bălceşti, Zănoage, Olari- Balş, Gogoşu, Coşoveni, Breasta, Podari;

** Populaţii sintetice creaţii ale instituţiei: Sintetic 1, Sintetic 2, Sintetic 3, Composit I, Composit II.

Tabelul 7.12.

Germoplasma de porumb aflată în inventarul SCDA Lovrin la nivelul anului 2009

Nr. crt.	Tipul germoplasmei şi număr de genotipuri		Observaţii
1.	Populaţii locale*	15	-15 populaţii locale menţinute la SCDA Lovrin
2. 2.1 2.2	Populaţii sintetice şi composite* * - populaţii sintetice create în instituţie - populaţii sintetice străine	69 60 9	-populaţiile sintetice şi compositele sunt menţinute la SCDA Lovrin
3. 3.1. 3.2.	Linii consangvinizate LC create în instituţie - LC create în alte instituţii de C-Dromâneşti - LC străine	376 320 45 11	-menţinute în colecţia de LC a SCDA Lovrin

* Populaţii locale reprezentative pentru zona de vest: Optac Banloc, Şandra, Lugoj, Ohaba Forgaci, Giulvăz, Beregsău;

** Populaţii sintetice create şi menţinute la SCDA Lovrin: Sintetic 8A, Sintetic 9 – bob lung, Lovrin 310, Lovrin 222, Lovrin 315, Lovrin 502a.

Este cunoscut faptul că populaţiile locale de porumb au constituit materialul iniţial de bază în crearea ulterioară a populaţiilor sintetice, a compositelor şi a soiurilor. Din toate aceste categorii de germoplasmă, amelioratorii au extras linii consangvinizate, din încrucişarea cărora au rezultat, în final, hibrizii.

Exploatarea fenomenului heterozis a condus la extinderea rapidă a hibrizilor în producţie. Populaţiile locale şi soiurile au fost înlocuite, rămânând în cultură doar în gospodăriile populaţiei din zonele mai izolate, premontane. Mare parte a acestor surse de germoplasmă au fost păstrate în colecţiile amelioratorilor, ca material iniţial de ameliorare de ciclul I. Într-o etapă ulterioară, amelioratorii porumbului şi-au concentrat atenţia, cu deosebire, spre extragerea liniilor consangvinizate din materialul iniţial de ameliorare de ciclul II, reprezentat de hibrizi.

Hibrizii de porumb creați în ultimii ani, care sunt în prezent înscriși în „Catalogul Oficial al soiurilor (hibrizilor) de plante de cultură din România – Ediția 2018., prezintă o serie de însușiri superioare, printre care și cele privind potențialul ridicat de producție al acestora.

În catalogul oficial menționat sunt înscriși 61 de hibrizi autohtoni din care 52 pentru boabe și 9 cu destinația specială din toate grupele de maturitate, încadrați în Scara FAO.

Progresele manifestate în ameliorarea porumbului în România, se reflectă, în producțiile ridicate obținute de-a lungul timpului, ajungându-se la niveluri de producție, comparabile cu cele realizate în țări mari producătoare de porumb, precum Franța, ceea ce poate fi apreciat ca un mare succes al agriculturii noastre.

În anul 2018, în țara noastră s-a înregistrat o producție totală record de 14,5 milioane de tone, iar producția medie fiind de 6 tone/ha, România fiind cel mai mare cultivator de porumb din Europa.

CAPITOLUL 8

DIVERSITATEA GENETICĂ ȘI CLASIFICAREA PLANTELOR MEDICINALE ȘI AROMATICE ÎN ROMÂNIA

8.1. Introducere

Omul a avut întodeauna o relație strânsă cu lumea vegetală. A inclus mereu plantele în alimentația sa pentru că îi este imposibil, din punct de vedere fiziologic, să se hrănească exclusiv cu produse animale. Dar, dincolo de un aport nutrițional fundamental, oamenii au învățat să folosească anumite plante, de foarte timpuriu și prin diverse forme, ca să își trateze bolile. În timpul unor săpături în Irak, pe un sit vechi de 60.000 de ani, au fost descoperite, într-un mormânt resturile a opt specii de plante medicinale. Însă utilizarea plantelor în scop medicinal datează cu siguranță de când lumea, ba chiar precedă specia noastră după cum atestă observarea cimpazeilor din vestul Africii. Studiul respectiv a arătat că cimpazeii folosesc multe plante cu proprietăți medicinale încă neexplorate de om!

Îndelungata folosire a plantelor este un indiciu sigur al valorii şi utilităţii acestora şi în viitor. Se apreciază că pe plan mondial, se folosesc în prezent în fitoterapie aprox. 20.000 specii de plante medicinale şi aromatice, din care mai utilizate sunt aprox. 300 specii (Ionescu,1981, citat de Vârban, 2000).

India este considerată țara cea mai bogată în specii de plante medicinale și aromatice, fiiind centrul primar și secundar de origine a multor plante (piper negru, cardamon, ginger, turmeric, coriandru, fenicul, etc.) existând o bogată diversitate genetică, iar rudele sălbatice ale acestor specii încă mai cresc în diferite regiuni ale țării.

Botanica speciilor medicinale, a cunoscut o evoluție majoră. Vechile denumiri medievale au dispărut. În cazul multor specii de plante, denumirile științifice au fost schimbate prin aplicare a principiului de anterioritate, conform căruia se va indica denumirea folosită la prima descriere validă a unei specii. În urma studierii genomului plantelor, unele dintre acestea au fost mutate dintr-o familie în alta.

În ultimii 40-50 de ani, odată cu progresele mari făcute în biologie și biochimie studiul plantelor medicinale a devenit o preocupare de mare interes, în cadrul resurselor genetice vegetale. Pe plan mondial, dezvoltarea fitochimiei și fitofarmacologiei, ca ramuri ale biochimiei, în care rolul plantelor medicinale a devenit esențial.

Numeroase studii clinice au oferit rezultate fiabile referitoare la efectele câtorva zeci de plante. De asemenea, au fost evidențiate anumite pericole. Dacă plantele cele mai toxice sunt cunoscute de mult, abia de curând s-a descoperit că sunt și unele cu o nocivitate mai subtilă, a căror folosire regulată pe o perioadă îndelungată, poate duce la tulburări grave, uneori chiar mortale.

Perspectivele s-au schimbat și ele, astfel că, astăzi, suntem foarte departe de „ierburile” și de infuziile binefăcătoare de odinioară. Pentru farmacologi, planta aproape că nu mai este decât un suport al principiilor active. Și dacă acestea din urmă pot fi sintetizate, cu atât mai bine, planta în sine fiind deseori privită cu suspiciune. În ciuda progreselor uriașe realizate de medicina modernă, fitoterapia oferă avantaje multiple. Să nu uităm că, de-a lungul istoriei, cu excepția ultimilor 150 de ani, tot ce a avut omenirea la dispoziție pentru a se trata au fost plantele.

În prezent, tratamentele pe bază de plante revin în prim- plan, deoarece eficiența medicamentelor precum antibioticele (considerate o soluție aproape universală la infecțiile grave) este în scădere. Bacteriile și virusurile s-au adaptat la medicamente, devenind rezistente la acestea.

Fitoterapia, care oferă remedii naturale și bine acceptate de organism, este în multe cazuri asociată cu tratamentele clasice. Astfel, ea cunoaște în prezent o revenire puternică în special pentru tratarea bolilor cronice (astmul, artrita, etc) (G Debuigne și colab., 2018).

Numeroase studii ştiinţifice au demonstrat că medicamentele „de sinteză", cu structuri necunoscute organismului uman, și care reprezintă, de fapt, o intervenție artificială asupra organismului uman, pot declanşa reacţii de respingere, cu toxicitate şi, uneori, cu urmări întârziate. Americanii recunosc că peste 70% din îmbolnăviri se datorează folosirii medicamentelor de sinteză. Acestea au efecte rapide în cazul boli acute, dar efectele secundare produse au provocat manifestarea altor afecţiuni, unele chiar mai grave. Arsenalul terapeutic a depăşit 200.000 de produse farmaceutice şi creşte în continuare. Progresele realizate în fabricarea medicamentelor de sinteză au fost umbrite de multiplele efecte negative. Agresiunea produselor de sinteză asupra organismului uman, precum şi reacţiile de respingere a organismului, determină în primul rând reacţii de tip alergic, dar şi multe alte efecte.

Plantele medicinale se pot folosi ca atare, cu uşoare preparări, sau pot constitui materie primă în industria farmaceutică sau alimentară. Sub formă de preparate simple îşi pot face efectul în câteva zile şi nu mai necesită medicaţie în paralel pentru afecţiuni uşoare, însă, trebuie ştiut, că în cazul unor afecţiuni severe, plantele medicinale nu trebuie să suprime total medicamentele, ci să le completeze în ameliorarea simptomelor bolii.

Odată cu dezvoltarea chimiei o parte din remediile populare au primit o altă formă, au fost modernizate. De cele mai multe ori efectul folosirii plantelor medicinale este mai lent, necesitând un tratament mai îndelungat, dar este mai puţin "riscant" şi mai ieftin. Efectul plantelor medicinale este mai complex, acționând asupra mai multor organe sau

sisteme, concomitent. Plantele medicinale produc mai puţine şi mult mai reduse efecte secundare (Lăzurca, 1994).

Prin cultura plantelor medicinale se pot valorifica unele terenuri mai puţin productive, asigură cultivatorilor însemnate venituri, pot fi valoroase plante ornamentale sau melifere.

Cultura plantelor medicinale este importantă şi prin faptul că acestea sunt, de regulă, culturi ecologice sau chiar biologice. Nu este permisă aplicarea la aceste culturi de pesticide care să polueze produsul finit care serveşte la vindecarea oamenilor.

Hipocrate, părintele medicinei, definea starea de sănătate ca fiind **integrarea perfectă în natură**. Tot el spunea: "**Medicul tratează, natura vindecă**!".

8.2. Clasificarea plantelor medicinale și aromatice

Plantele medicinale se pot clasifica în grupe după diverse criterii în funcţie de părerea diferiţilor autori. După Al. Buia 1944 citat de Vârban, 2000, o clasificare ar putea fi după:

→**Organul utilizat în terapeutică**:

- Plante medicinale de la care se utilizează rădăcina, bulbii sau tuberii (*Angelica archangelica*, *Valeriana officinalis, Iris germanica, Gentiana lutea* ş.a.).
- Plante medicinale de la care se utilizează tulpina şi coaja (*Rhamnus frangula*, *Querqus robur* ş.a.).
- Plante medicinale de la care se utilizează herba (tulpina + frunzele): *Mentha piperita*, *Melissa officinalis, Satureja hortensis* ş.a.).
- Plante medicinale de la care se utilizează frunzele şi foliolele (*Mentha piperita*, *Salvia officinalis*, *Plantago lanceolata*, *Digitalis sp., Atropa belladona* ş.a.).

- Plante medicinale de la care se folosesc inflorescenţele, florile sau petalele (*Lavandula angustifolia*, *Salvia sclarea, Althaea rosea*, *Calendula officinalis*, *Matricaria chamomilla* etc.).
- Plante medicinale de la care se utilizează fructele şi seminţele (*Carum carvi*, *Coriandrum sativum*, *Papaver* sp., *Hyosciamus niger, Sinapis* sp., *Ricinus communis* etc.).
- Plante medicinale de la care se utilizează sucul celular şi seva (*Aloe* sp., *Betula* sp. etc.).

→**Perioada de recoltare.** Perioada optimă de recoltare se stabileşte pe baza dinamicii de acumulare a principiilor active şi anume în faza de acumulare maximă. Din acest punct de vedere se consideră următoarele grupe:

- Plante medicinale care se recoltează în perioada repausului vegetativ (*Atropa belladona*, *Inula helenium* ş.a.); din categoria speciilor bienale rădăcinile se recoltează în toamna anului I de vegetaţie (*Angelica archangelica*, *Pimpinella anisum* excepţie face specia *Colchicum autumnale* (la care rădăcinile tuberizate se recoltează vara când frunzele încep să se veştejească), şi *Aconitum nepellus* (la care tuberculii se recoltează în perioada înfloritului).
- Plante medicinale care se recoltează vara, în perioada de vegetaţie. Această grupă cuprinde specii anuale sau perene care se recoltează pentru flori, organele florale sau herba (*Ocimum basilicum*, *Majorana hortensis*, *Tagetes patula*, *Calendula officinalis* etc.).

→**Zonarea naturală (flora spontană) şi zonarea culturilor (specii cultivate).** Această clasificare are în vedere cerinţele plantelor faţă de condiţiile ecologice:

- Plante medicinale de apă şi locuri mlăştinoase - specii iubitoare de apă (*Iris sp*., *Colchicum autumnale*, *Acorus calamus*, *Valeriana officinalis* etc.).
- Plante medicinale de câmpie - specii adaptate condiţiilor de

insolaţie ridicată ce caracterizează verile din sudul ţării (*Foeniculum vulgare*, *Pimpinella anisum*, *Coriandrum sativum*, *Papaver bracteatum* ş.a.).

- Plante medicinale de deal - specii adaptate condiţiilor ce caracterizează zonele subcarpatice cât şi zonele împădurite (*Atropa belladona*, *Vinca minor*, *Crataegus monogyna*, *Geum urbanum* - specii din flora spontană de deal; *Papaver somniferum*, *Carum carvi, Valeriana officinalis* - specii cultivate).
- Plante medicinale de munte - specii adaptate condiţiilor caracterizate prin altitudine, vânturi, temperaturi mai scăzute în toată perioada anului (*Genţiana* sp., *Arnica* .., *Angelica archangelica* etc.).

→Ciclul de vegetaţie şi parcurgerea fenofazelor.

- Plante medicinale anuale - specii care parcurg întregul ciclu de vegetaţie într-un singur an (*Tagetes patula*, *Calendula officinalis*, *Papaver somniferum* etc).
- Plante medicinale bienale - specii care îşi desfăşoară ciclul de vegetaţie pe parcursul a doi ani (*Carum carvi*, *Salvia sclarea* ş.a.).
- Plante medicinale vivace (perene) - speciile care au ciclul de viaţă multianual. Acestea pot fi:
    - Plante cu rădăcina transformată în rizomi sau stoloni (*Iris germanica*, *Mentha piperita*, *Valeriana officinalis*, *Acorus calamus* etc).
    - Plante cu rădăcina tuberizată (*Aconitum* sp.).
    - Plante cu tulpina transformată în bulbotuberi (*Colchicum autumnale*).
    - Plante cu rădăcina îngroşată având la baza coletului muguri dorminzi (*Atropa belladona*, *Inula helenium*, *Taraxacum officinale*, *Rheum palmatum* etc).

- Plante semilemnoase având la baza ramurilor muguri dorminzi (*Lavandula officinalis*, *Salvia officinalis*, *Urtica dioica* etc).

Plantele perene mai pot fi clasificate şi în funcţie de aspectul lor în: plante ierboase (*Valeriana officinalis*, *Thymus vulgaris*, *Papaver bracteatum*) şi plante lemnoase (*Salvia officinalis*, *Lavandula angustifolia*, *Glycyrrhiza glabra*).

→**Caracterele botanice.** Această clasificare urmăreşte criteriul strict legat de însuşirile morfologice şi de tipul florii. Astfel plantele se clasifică şi se grupează pe ordine, genuri, familii şi specii.

→**Conţinutul în principii active.**

- Plante medicinale ce conţin uleiuri volatile (uleiuri esențiale sau uleiuri eterice). Conceptul privind definirea uleiurilor volatile a evoluat mult. Pot fi definite ca fiind "compuşi aromatici volatili a căror compoziţie chimică este formată dintr-o mulţime de amestecuri de hidrocarburi aromatice, alifatice, aldehide, alcooli, acizi organici, esteri precum şi alţi compuşi similari hidrocarburilor şi care aparţin clasei terpenoidelor". Au miros aromatic caracteristic și majoritatea sunt solubile în alcool etilic. Uleiurile volatile sunt utilizate în medicină ca stomahice, antispasmodice, carminative, expectorante, sedative, aromatice etc.
- Plante medicinale ce conţin alcaloizi (compuşi organici complecşi, caracterizaţi prin prezenţa azotului în molecula lor şi reacţie alcalină, cu formare de săruri). Au o acțiune puternică asupra organismului uman chiar în doze mici. Alcaloizii se formează, de regulă, în părţile subterane ale plantei, de unde migrează în celelalte organe în timpul perioadei de vegetaţie. la mac și rostopască, alcaloizii se găsesc în sucul lăptos. În funcţie de aminoacidul precursor, alcaloizii se clasifică în:
  - Alcaloizi derivaţi din glicolol;
  - Alcaloizi derivaţi din triptofan;

- Alcaloizi derivaţi din fenilalanina;
- Alcaloizi derivaţi de la lizină – ornitină;
- Alcaloizi prin intermediul acetil - coenzimei A.

Se întâlnesc mai frecvent la familiile: *Ranunculaceae*, *Papaveraceae* și *Solanaceae*.

- Plante medicinale ce conţin principii amare. Principiile amare sunt compuşi vegetali (cu structură glicozidică, alcaloidică etc.), ternari cu gust amar (chiar și la diluții mari) care determină mărirea secreţiei gastrice. Dozarea principiilor amare se face prin metoda organoleptică. Se întâlnesc mai ales la familiile *Gentianaceae* și *Asteraceae*.
- Plante medicinale care conţin glucide (hidraţi de carbon, heterozide sau glicozide) (Lemnul dulce). Glucidele sunt compuşi organici naturali rezultaţi direct în procesul de fotosinteză. Glucidele se împart în oze şi ozide.
- Plante medicinale care conţin flavonoide. Flavonoidele sunt pigmenţi galbeni identificaţi la specii din familia *Compositae* sub formă de flavone (*Matricaria chamomilla*, *Achillea milefolium*, *Calendula officinalis*) sau sub formă de flavonoli la specii din familia *Leguminosae* (*Sophora japonica*).
- Plante medicinale care conţin antocianozide. Antocianozidele sunt pigmenţi hidrosolubili aflaţi în sucul celular care conferă florilor, fructelor şi frunzelor toamna, culoarea roşie, violetă, albastră.
- Plante medicinale care conţin taninuri. Taninurile sunt compuşi naturali neazotaţi cu structură polifenolică.
- Plante care conţin antracenozide. Antracenozidele sunt compuşi naturali ai antracenului având proprietăţi purgative. Identificarea lor se realizează prin cromatografie în strat subţire.

Din punctul de vedere al fitofarmaciştilor cea mai bună clasificare ar fi după **acțiunea lor farmacodinamică**:

- Plante utilizate în bolile aparatului cardiovascular, care conţin,

de regulă, glicozide sau heterozide cardiotonice. Ex. *Digitalis* sp., *Convalaria majalis* ş.a.;

- Plante utilizate în bolile aparatului respirator care pot fi cu acţiune emolientă (*Althaea* sp., *Plantago* sp. ş.a.), sau 3.0332322000expectorantă etc.
- Plante utilizate în afecţiunile aparatului digestiv ca *Mentha* sp., *Melissa* sp., *Matricaria chamomilla*, *Carum carvi* ş.a.
- Plante folosite în bolile aparatului urinar;
- Plante folosite în bolile sistemului nervos ca *Valeriana officinalis*, *Vinca minor,Claviceps purpurea, Papaver* sp. ş.a.
- Plante folosite în unele boli ale aparatului genital ca *Claviceps purpurea,Calendula officinalis* ş.a.
- Specii utilizate în tratamentul extern ca *Hypericum perforatum*, *Calendula officinalis* ş.a. (Crăciun şi col., 1976).

8.3. Plante medicinale și aromatice din flora spontană și cultivată a României

În România, producția, procesarea și organizarea pieței plantelor medicinale și aromatice, relațiile dintre producători, procesatori și comercianți, sunt stabilite printr-o serie de norme legislative stipulate în Legea nr. 491/2003 a plantelor medicinale și aromatice și în Ghidul de bună practică pentru cultivarea şi recoltarea plantelor medicinale şi aromatice, aprobat prin Ordinul nr. 170/2011.

8.3.1. Plantele medicinale din flora spontană

În prezent în medicina populară a României sunt folosite circa 870 de specii. Aproximativ 200 sunt studiate din punct de vedere chimico-farmacodinamic, iar circa 100 de specii sunt utilizate curent în automedicație. Pe masură ce știința cucerește tot mai mult teren, domeniul plantelor medicinale este mai profund explorat. Astfel s-au identificat și continuă să se identifice nu numai plantele spontane cu

însușiri terapeutice, dar și zonele unde sunt răspândite aceste specii sălbatice.

Datorită actualităţii aplicării principiilor de viaţă ecologică a oamenilor, o pondere mare în alimentaţie precum şi în medicină o au, tot mai mult, plantele cultivate ecologic sau biologic (fără aplicarea unor pesticide care să "intoxice" aceste produse). În ultimul timp, în industria farmaceutică şi cosmetică, se utilizează tot mai mult resurse vegetale din zone rustice, nepoluate, care se găsesc și la noi în țară. Se ştie că marile companii farmaceutice sau cosmetice occidentale cumpără diverse produse vegetale, mai ales plante medicinale recoltate din flora spontană, din ţările în care încă nu s-a aplicat o chimizare intensă a agriculturii, cum sunt multe zone şi în România.

Pe de altă parte se urmăreşte ca exploatarea resurselor vegetale spontane să nu se facă disproporţionat, peste potenţialul de refacere a acestora, care să ducă la dispariţia acestor specii. Unele specii existente in flora spontană nu pot asigura necesarul pentru industria farmaceutică, cosmetică sau alimentară. Principiile active ale plantelor medicinale din flora spontană sunt foarte variate ca şi concentraţie şi calitate în funcţie de microzonă, de climat ş.a. ceea ce face ca dozarea lor în fitoterapie să fie mai dificilă. Alteori concentraţia principiilor active la plantele din flora spontană este prea scăzută pentru a avea efect fitoterapeutic complet. Unele specii, originare de pe alte continente, cum ar fi *Echinacea* spp. sau *Solanum laciniatum* din America de Nord, trebuie luate în cultură în ţara noastră. Din aceste motive, la unele specii de plante medicinale se fac cercetări pentru introducerea lor în cultură.

Plantele medicinale reprezintă o speranţă biologică a omenirii, de o valoare inestimabilă, iar grija pentru această moştenire are o importanţă deosebită. De aceea a şi fost lansată de Organizația Mondială a Sănătății sintagma "Salvaţi plantele care salvează vieţi!" (Vârban, 2000).

Pentru o bună cunoaștere a răspândirii speciilor medicinale spontane vom face o scurtă prezentare a celor mai comune plante

medicinale și aromatice, atât în ceea ce privește descrierea lor cât și acțiunile farmacologice ale acestora.

Tabelul 8.1.

Plante medicinale și aromatice existente în flora spntană din România (după Mihaela , 2015)

Denumirea populară/ denumirea științifică	**Zonare**	**Descrierea plantei**	**Organul folosit**	**Acțiune farmaco-logică**
Afin/ *Vaccinium myrtilius* (1)	Limita inferioară a pădurilor de molid până în zona alpină. Crește mai ales pe terenuri puternic acid și cu umiditate ridicată.	Arbust înalt de 20-50 cm, foarte ramificat, are tulpina verde, cu muchii evidente, frunzele sunt ovale cu vârf ascuțit, marginea mărunt dințată, florile de culoare roz, se găsesc la subsuoara frunzelor. Fructele sunt sferice, negre albăstrui, brumate și au gust dulce acrișor	Frunzele și fructele	Se folosește pentru tratamentul diabetului. Este antiseptic și antidiareic.
Brusturul/ *Arctium lappa* (2)	Specie foarte răspândită peste tot. Crește pe terenuri necultivate, pe lângă garduri, de la câmpie până în zona montană.	Este o specie bianuală, în primul an are numai frunze mari sub formă de rozetă, pornind direct din rădăcină, iar în al doilea an formează o tulpină floriferă cu flori de culoare purpurie	Se folosește rădăcina	Maladii renale și cutanate și a plăgilor deschise; stimularea funcțiilor hepato biliare
Cătină albă/ *Hippophae rhamnoides* (3)	Specie foarte rezistentă la secetă și ger, crește pe coaste abrupte pe care le fixează datorită lăstăririi puternice. Vegetează din zona de munte și până în Delta Dunării.	Este un arbust cu spini, cu frunze alungite și înguste. Florile sunt mici de culoare gălbuie. Fructele sunt mici rotunde de culoare portocalie.	Se folosesc fructele proaspete sau uscate	Ulcer gastric, anemii, colite de fermentație, reumatism infecții ale căilor urinare, diaree, gripă, etc.

Chimenul/ *Carum carvi* (4)	Prin fânețe, margini de pădure, din zona dealurilor, până în cea subalpină	Plantă bianuală, înaltă până la 100 cm. În primul an formează o rozetă de frunze, iar în anul al doilea, formează o tulpină cu frunze și flori. Flori mici de culoare albă	Se folosesc fructele	Combaterea colicilor la copii
Cicoarea/ *Cichorium intibus* (5)	Foarte răspândită, din zona de câmpie până în zona de munte.	Plantă ierboasă perenă, înaltă de 30-100 cm, cu rozetă bazală de frunze alungite și neregulat crestate, tulpina ramificată cu frunze mici, inflorescențele terminale și axilare au culoarea albastră azurie.	Se întrebuințează părțile aeriene nelignificate și rădăcina.	Stimuleaază funcțiile hepatice și renale. Acțiune ușor sedativă.
Cimbrișorul *Thymus serpyllum* (6)	În zona de deal și de munte, pe coaste aride și pietroase. Se găsește pe suprafețe întinse în Transilvania și în Moldova	Subarbust de talie mică (10-30 cm) aromat. Parțial târâtor, ramuri îndreptate în sus, frunzele sunt mici ovale, iar inflorescențele glomerulare, cu flori mici roșii	Se folosește partea aeriană a plantei	Proprietăți expectorante, tratează tusea convulsivă, răgușeli, enterocolite, etc.
Cimbrul/ *Thymus vulgaris* (7)	Crește în locuri însorite și cu temperaturi ridicate, mai ales în Câmpia Olteniei, Bărăgan, Câmpia de Vest.	Subarbust cu tufe globuloase, cu baza lignificată, înalt de 10-50 cm, are tulpini cilindrice, lemnoase și cenușii la bază, frunzele sunt răsucite și păroase pe fața inferioară. Florile mici, în formă de spic.	Se recoltează partea aeriană a plantei	Tuse, bronșite și tuse convulsivă, acțiune diuretică și antihelmintică, etc.
Ciubotica cucului/ *Primulla officinalis (8)*	Este răspândită în zona de deal și de munte, prin poieni însorite, pășuni, și fânețe. Se întâlnește în Transilvania, Muntenia, Oltenia și Moldova.	Plantă ierboasă, perenă. În pământ are un rizom lung din care pornesc numeroase rădăcini subțiri. Partea aeriană este înaltă de 10-30 cm. Frunzele formează o rozetă bazală. Din mijloc crește o tulpină floriferă pe care se găsesc flori galbene – aurii.	Se folosesc florile, rizomul și rădăcinile	Expectorant și fluidifiant al secrețiilor bronhice, calmant și antispastic, sudorific, diuretic, ușor laxativ, tulburări digestive,

Ciulinul/ *Carduus mutans* (9)	Răspândit pe marginea drumurilor, în râpe, pe pășuni, locuri necultivate, izlazuri, dar mai ales în Câmpia Bărăganului	Numit și scaiete, ciulinul este o plantă ierboasă, cu tulpina dreaptă, înaltă până la 1 m. În primul an formează o rozetă de frunze bazilare, bilobate, cu lobii terminați în spini galbeni. Ramurile se termină cu o inflorescență roșie -violetă	Se folosește partea aeriană	Hipertensiune arterială, afecțiuni hepatice (hepatită, icter)
Coada calului/ *Equisetum arvense* (10)	Lunci umede, marginea apelor de munte, buruiană în culturi de la câmpie până în zona montană	Plantă ierboasă perenă, cu rădăcini adventive, cu tuberculi de mărimea unei alune. Rădăcinile pornesc dintr-un rizom negricios, articulat, Din rizom cresc anual, primăvara tulpini fertile și vara tulpini sterile. Ramurile au aspectul unei cozi de cal.	Tulpina sterilă se recoltează în perioada iulie-septembrie	Acțiune antimicrobiană, antiseptică, scade aciditatea gastrică, dezinfectant urinar, expectorant în bronșite, diuretic, fol. în mal. met.
Coada racului/ *Potentilla anserina* (11)	Se găsește în zonele de deal, pe marginea drumurilor și a râurilor, îndeosebi în Transilvania, Muntenia	Plantă ierboasă perenă, cu tulpină orizontală și frunze argintii pe partea inferioară și flori galbene cu cinci petale.	Partea aeriană se recoltează în perioada iulie-septembrie	Proprietăți anstringente și antidiuretice, antiseptice, antispastice, îndeosebi pentru tratamentul colicilor intestinali.
Coada șoricelului/ *Achilea millefolium* (12)	Foarte răspândită. Crește la marginea drumului, în locuri uscate, pe marginea ogoarelor, pășunilor.	Este o plantă de 20-70 cm înălțime. Tulpina dreaptă, rigidă și aproape lemnoasă cu numeroase frunze. Flori albe, grupate în capitule mici.	Inflorescențele și planta cu frunze și flori	Afecțiuni hepatice și gastrointestinale
Crețișoara/	Se găsește prin pășuni, fânețe,	Plantă ierboasă perenă, perenă, în pământ are un	Părțile aeriene,	Acțiune astringentă,

***Alchemilla vulgaris* (13)**	pe stâncării, coaste abrupte, margini de pădure, tufișuri din etajul montan și alpin	rizom brun, din care pornesc numeroase rădăcini adventive subțiri. Tulpina dreaptă sau culcată. Flori mici galbene-verzui	înainte de înflorit	diuretică, antiinflamatoare, antihemoragică antidiareică, stomahică, cicatrizantă.
Crușinul/ *Frangula alnus* (14)	Crește în păduri cu exces de umiditate, pe malul râurilor, în zăvoaie, mlaștini, îndeosebi în zona de deal, în Transilvania	Arbust înalt de 1-3 m. Frunzele au marginea întreagă și fața lucioasă. Florile sunt de culoare albă. Fructele au culoarea negru-violet, la maturitate.	Se folosește scoarța arbustului. Se recoltează în perioada martie - iunie.	Laxativ sau purgativ. Se folosește în constipațiile cronice. Mărește secreția bilei.
Ghiocelul/ *Galanthus nivalis* (15)	Se întâlnește în pădurile de foioase, pajiști, tufărișuri, preferând un sol afânat. Crește în toată țara cu excep.Dobrogei	Plantă ierboasă perenă, înaltă de 10-20 cm și prezintă un bulb în pământ, din care apar frunze și o tulpină care se termină cu o floare albă, pedunculată.	Se folosește bulbul, care recoltează în lunile februarie-martie	Hemiplagii și hemipareze, hemoragii cerebrale, tromboze sau boli tromboembolice.
Grâușorul/ *Ficaria verna* (16)	Este o specie comună din zona de câmpie până în cea montană. Se găsește în păduri, zăvoaie, grădini, vii livezi, tufișuri.	Este o plantă ierboasă, mică, cu înălțime de 5-30 cm, frunze rotunde, cărnoase și lucioase. Florile sunt de culoare galbenă-aurie.	Se folosesc frunzele și rădăcina Frunzele se recoltează în luna mai, iar rădăcina în aprilie.	Se folosește ca expectorant și fluidifiant al secrețiilor bronhice, fiind administrat la răceli, gripe
Holera/ *Xanthium spinosum* (17)	Este o specie comună în zona de câmpie și deal, întâlnindu-se în apropierea așezărilor umane, crește pe lângă drumuri și căi ferate, în locuri necultivate.	Plantă ierboasă, comună ca buruiană, tulpina înaltă de 80-90 cm, bogat ramificată, cu spini la baza frunzelor Spinii au culoare galben-pai, sunt trifurcați de 2-3 cm, foarte înțepători.	Se folosește partea aeriană în perioada iulie-septembrie	Cicatrizant, anticongest, antiinflamator și dezinfectant. Se folosește pentru tratamentul prostatitei, litiazei renale, etc.

Hreanul/ *Armoracia rusticana* (18)	Crește în poieni, grădini, pe malul râurilor și pâraielor, la marginea drumurilor, în locuri necultivate	Plantă ierboasă, perenă, cu rădăcină adâncă, frunzele sunt mari, alungite, iar florile sunt grupate în inflorescențe mici, de culoare albă.	Se folosește rădăcina, care se recoltează toamna	Acțiune balsamică și antiseptică. Dureri de cap, de dinți în nevralgii, sciatică, crampe,
Lumânărica *Verbascum phlomoides* (19)	Vegetează în locuri necultivate, la margine de drumuri. Crește pe terenuri pietroase, la câmpie și deal.	Plantă ierboasă, anuală, înaltă de 2 m, tulpina dreaptă neramificată, cu flori galbene.	Se folosesc florile recoltate din iunie până în septembrie	Proprietăți expectorante și emoliente
Mătrăguna/ *Atropa bella-donna* (20)	Crește în locuri umede și umbroase, în păduri, tufișuri, în toate locurile împădurite din lanțul carpatic	Plantă ierboasă, perenă, comună, foarte otrăvitoare, înaltă până la 1,5m, frunze mari, subțiri, ovale, flori violet-castanii	Se recoltează frunzele cu codițe, în lunile iunie-iulie.	Spasme intestinale din enterocolite acute și cronice, dar și diskinezia căilor biliare
Menta/ *Mentha piperita* (21)	Denumită și izmă, se întâlnește în Câmpia de Vest, în Dolj, Bărăgan, în Dobrogea, în partea de est a județului Brașov, Moldova	Plantă ierboasă, perenă, înaltă de 50-120 cm, puternic ramificată de la bază, cu tulpina în 4 muchii evidente, cu frunze opuse, oval – lanceolate, flori violacee. Are miros aromat, caracteristic și gust înțepător, răcoritor.	Se folosesc frunzele, care se recoltează înaintea înfloririi, în perioada mai-iunie.	Proprietăți stimulative, stomahice, carminative, coleretice, antispastice și ușor analgezice.
Mușețelul/ *Matricaria chamomilla* (22)	Crește în zonele de câmpie, însorite, pe marginea drumului, pe pajiști, și pe terenuri sărate.	Plantă ierboasă anuală, cu miros aromat, caracteristic.	Florile se recoltează în lunile mai-iunie	Proprietăți antispastice, antiinflamatorii, și carminative, cicatrizantă
Nalba/ *Lavatera thuringiaca* (23)	Crește prin tufărișuri, mărăcinișuri, pe marginea drumurilor, în locuri înierbate, pâr-	Numită și salvia albă, nalba este o plantă ierboasă, perenă, înaltă de 50-125 cm. Tulpina dreaptă, cilindrică, este	Frunzele se recoltează în lunile mai – august.	Proprietăți secretolitice emoliente, expectorante,

	loage, la margini de pădure,.	tomentoasă. Florile au culoare palid – rozacee.		antiinflamatorii.
Păpădia/ *Taraxacum officinale* (24)	Specie răspândită peste tot, din câmpie până în zona alpină, crește în locuri necultivate, pășuni și fânețe.	Plantă ierboasă, perenă, cu frunze lanceolate, tulpina floriferă este goală la mijloc și inflorescența de culoarea galbenă	Se folosesc frunzele și rădăcinile care se recoltează în lunile aprilie-iunie, resp. iulie-octombrie	Se utilizează în diskinezii biliare, colecistită, insuficiență hepatică, etc.
Pelinul/ *Artemisia absinthium* (25)	Crește pe terenuri aride, pietroase, în locuri necultivate, pe lângă canale de irigații, la marginea drumurilor, a gardurilor, etc.	Plantă ierboasă, perenă, înaltă de 50-120 cm, Frunzele sunt de culoare alb-cenușie datorită perilor deși și mătăsoși, cu flori de culoare galbenă.	Se folosește partea aeriană a pelinului recoltat în perioada iulie-septembrie	Se recomandă în diskinezii biliare și colecistopatii.
Rostopască/ *Chelidonium majus* (26)	Crește din regiunea de câmpie până în cea montană, la marginea gardurilor, în păduri, îndeosebi de salcâm.	Plantă ierboasă, perenă, înaltă până la 100 cm, bogat, ramificată la bază, cu frunze verzi albăstrui, mari, lobate și flori galbene.	Se recoltează tulpinile și ramurile înfrunzite și înflorite, în perioada mai-august	Acțiune analgezică, stimulează contracția musculaturii netede, cu proprietăți colecistochinetice hemostatice bacteriostatice, hipotensive.
Sânziene/ *Galium verum* (27)	Crește în zona de câmpie până în cea montană.	Plantă ierboasă, perenă, înaltă de 30-100 cm, cu frunzele mici, înguste. Florile, de culoare galbenă-verzuie.	Se recoltează partea aeriană, în lunile iunie-august	Acțiune antispastică, diuretică, antireumatică, antiseptic și sudorific. Se administrează, în gută, reumatism,

Sunătoarea/ *Hypericum perforatum* (28)	Vegetează de la câmpie până în zona montană, bine adaptată pe soluri aride, se găsește în tăieturi de păduri, fânețe, la marginea drumurilor	Plantă ierboasă, perenă, înaltă de 100 cm, cu tulpina în două muchii. Frunzele sunt opuse, ovale, iar florile sunt de culoare galbenă.	Se folosesc florile sau bobocii, recoltați în lunile iunie-august	Folosită ca balsamic, antiinflamator al căilor bronhice și genito- urinare, ca antihemoragic antihemoroidal,
Talpa gâștei/ *Leonurus cardiaca* (29)	Specie iubitoare de lumină, cu cerințe reduse față de umiditate și sol. Crește pe marginea căilor ferate, la câmpie și deal	Plantă ierboasă, perenă, viguroasă, înaltă de peste 100 cm, frunze opuse, lobate și flori roz-purpurii.	Se folosește partea înflorită care se recoltează din iunie până în august.	Produce relaxarea musculaturii netede a vaselor de sânge, care alimentează inima, și a cordului.
Tătăneasa/ *Symphytum officinale* (30)	Crește pe soluri argiloase, pe care stagnează apa; de la câmpie până în zona montană inferioară, prin șanțuri, zăvoaie, lunci.	Plantă ierboasă, perenă, robustă cu peri aspri pe întreaga suprafață, frunzele sunt opuse, mari alungite. Florile sunt de culoare roșie-violacee cu 5 petale.	Se folosește rădăcina care se recoltează primăvara și toamna.	Proprietăți emoliente și expectorante, folosit în bronșite, tuse. Tratează ulcerul gastric și duodenal,
Untul pământului/ *Tamus communis* (31)	Vegetează prin păduri, tufișuri, întâlnindu-se sporadic în sudul țării.	Plantă ierboasă, perenă cu rădăcina cilindrică, alungită, cărnoasă. Tulpina este volubilă, frunzele sunt cordate, florile au culoare galbenă-verzuie.	Se folosește rădăcina care se recoltează toamna.	Proprietăți antireumatice, diuretice, antiinflamatorii. Se folosește în tratarea reumatismu - lui, gutei,
Urzica/ *Urtica dioica* (32)	Crește pe lângă așezările omenești, garduri,pe lângă stâne, pe malul apelor, etc.	Plantă ierboasă, perenă, înaltă până la 150 cm. Urzica are nuperoși peri urzicători, atât pe frunze, cât și pe tulpină. Prezintă un rizom repent. Frunze-sunt mari, opuse, dințate pe margini.	Se folosesc frunzele, care se recoltează în perioada mai - septembrie	Elimină acidul uric din țesuturi, trecându-l în circulația sanguină; reumatism și gută.

Vaccinium myrtilius (1)

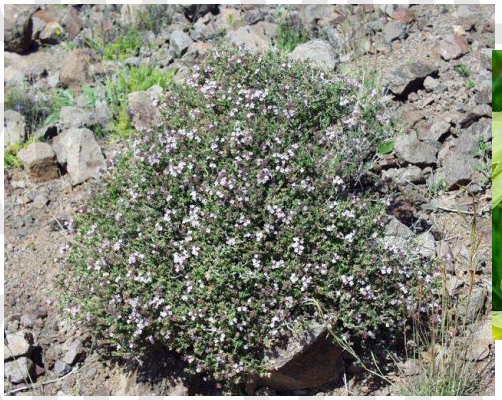
Arctium lappa (2)

Hippophae rhamnoides (3)

Carum carvi (4)

Cichorium intibus (5)

Thymus serpyllum (6)



Thymus vulgaris (7)

Primulla officinalis (8)

Carduus mutans (9)

Equisetum arvense (10)

Potentilla anserina (11)

Achilea millefolium (12)

Alchemilla vulgaris (13)

Frangula alnus (14)

Galanthus nivalis (15)

Ficaria verna (16)

Xanthium spinosum (17)

Armoracia rusticana (18)

Verbascum phlomoides (19)

Atropa bella-donna (20)

Mentha piperita (21)

Matricaria chamomilla (22)

Lavatera thuringiaca (23)

Taraxacum officinale (24)

Artemisia absinthium (25)

Chelidonium majus (26)

Galium verum (27)

Hypericum perforatum (28)

Leonurus cardiaca (29)

Symphytum officinale (30)

Tamus communis (31)

Urtica dioica (32)

8.3.2. Cultivarea plantelor medicinale şi aromatice în România

În producţia de plante medicinale şi aromatice calitatea produselor este dată de conţinutul în principii active. Cantitatea de principii active din plantă este condiţionată de factorii ecologici, de zonarea speciei, de tehnologia de cultură, de valoarea biologică a cultivarului (populaţie, soi, hibrid etc. şi, nu în ultimul rând, de modalităţile de prelucrare primară şi, respectiv, secundară. La alegerea unei specii pentru un anumit areal de cultură se are în vedere complexitatea interacţiunii diferiţilor factori de vegetaţie, astfel încât să se asigure un raport optim între condiţiile pedoclimatice şi cerinţele biologice ale plantelor. Se evită astfel situaţiile în care condiţiile naturale pot determina creşterea producţiei de biomasă vegetală în detrimentul conţinutului în principii active.

La amplasarea în teritoriu a speciilor medicinale şi aromatice, pe lângă obţinerea unor cantităţi maxime de masă vegetală, trebuie avut în vedere şi nivelul ridicat al conţinutului în principii active. Sunt frecvente cazurile în care condiţiile naturale sunt favorabile producerii cantităţii corespunzătoare de materie primă vegetală, dar acestea

acţionează în detrimentul conţinutului în principii active sau al compoziţiei acestora. Astfel, se cunoaşte că diferitele condiţii pedoclimatice nu influenţează conţinutul total în alcaloizi la *Papaver somniferum*. Temperaturile mai scăzute şi umiditatea mai accentuată, mai ales în perioada formării şi maturării capsulelor, sunt defavorabile însă acumulării morfinei, în schimb, ele influenţează pozitiv conţinutul în codeină. În zonele situate mai la nord, în comparaţie cu regiunile din Ucraina, s-a constatat că procentul de ulei în frunzele de *Mentha piperita* este mai mare cu 12-13%. Paralel cu creşterea nivelului conţinutului în ulei sporeşte şi cel de mentol.Pe de altă parte, solul şi umiditatea din sol influenţează semnificativ producţia de herba la aceeaşi plantă; solul nisipos şi mai umed este mai indicat decât cel greu şi cu deficit în umiditate.

Cu cât clima este pronunţat continentală, la *Matricaria chamomilla* predomină exemplare cu habitus necorespunzător şi cu conţinut mai redus în azulene. Din cele câteva exemple, reiese că factorii pedoclimatici au o influenţă apreciabilă asupra formării şi acumulării principiilor active, precum şi asupra creşterii şi dezvoltării plantelor medicinale şi aromatice. Nu trebuie să se ignore însă faptul că aceste influenţe se manifestă pe fondul însuşirilor ereditare existente în materialul cu care se lucrează. În stadiul actual, în ţara noastră, la elaborarea lucrării de zonare s-a avut în vedere plasticitatea ecologică accentuată a majorităţii speciilor de plante medicinale şi aromatice şi s-au delimitat două zone mari de cultivare, luându-se în considerare cei mai importanţi factori de vegetaţie.

Astfel, s-au nominalizat o zonă umedă şi răcoroasă, cu precipitaţii de 600-750 mm anual şi temperaturi medii anuale cuprinse între 7,5 şi 8,5°C (regiunile subcarpatice, depresiunile intramontane etc.), şi o zonă uscată şi călduroasă, cu un regim pluviometric care variază între 475 şi 600 mm, cel termic fiind cuprins între 10 şi 11°C (câmpiile Bărăganului, Burnazului, Olteniei, Timişului, Moldovei şi Podişul Dobrogei). În cadrul acestor zone mari există, bineînţeles,

diferenţieri de relief, sol, lumină, microclimat, care, la rândul lor, creează subzone cu grade diferite de favorabilitate pentru culturile de plante medicinale şi aromatice.

Având condiţii foarte variate de climă şi sol, ţara noastră are o floră diversificată şi bogată. Optimizarea condiţiilor de creştere şi dezvoltare a plantelor se realizează în funcţie de cerinţele biologice privind temperatura, apa, lumina şi solul. Pentru a parcurge un ciclu de vegetaţie, o specie are nevoie de o anumită cantitate de căldură, exprimată în constanta termică (suma temperaturilor medii zilnice mai mari de 5°C), având valori cuprinse între 900°C şi 2200°C pentru majoritatea plantelor medicinale şi aromatice.

Cerinţele de temperatură sunt influenţate de originea speciei, astfel încât fiecare fază fenologică are un optim de temperatură ce variază între 18°C şi 25°C, cu maxime care nu trebuie să depăşească 35°C. În general, temperaturile moderate favorizează producerea de biomasă vegetală, în timp ce temperaturile ridicate determină acumularea de principii active, cum ar fi uleiurile esenţiale. Plantele medicinale şi aromatice manifestă cerinţe moderate de apă, nivelul optim realizându-se la cca. 70% din capacitatea totală de reţinere a apei. Totuşi, în timpul proceselor de creştere şi dezvoltare a plantelor, apar unele faze critice cum ar fi germinaţia (cu precădere la speciile cu seminţe mici şi foarte mici), fenofaza de îmbobocit-înflorit, formarea organelor subterane etc. În ceea ce priveşte factorul lumină, majoritatea plantelor medicinale şi aromatice sunt heliofile şi se caracterizează printr-o anumită fotoperiodicitate, distingându-se, în acest sens, plante de zi scurtă, plante de zi lungă şi plante care nu reacţionează la lungimea zilei.Cerinţele legate de sol se referă în mod deosebit la structură şi textură, prin prisma faptului că majoritatea plantelor au seminţe mici şi foarte mici şi necesită, în primele stadii de dezvoltare, un raport favorabil între aer, apă şi substanţe nutritive.Proprietăţile chimice ale solului trebuie să corespundă necesităţilor de micro şi macroelemente. Reacţia solului, exprimată printr-un pH neutru, asigură cele mai bune

condiţii de creştere şi dezvoltare pentru majoritatea speciilor de plante medicinale.

Dinamica suprafețelor cultivate cu plante medicinale și aromatice și a producțiilor obținute în decursul a 10 ani este prezentată în tabelul 8.1.

Tabelul 8.1.

Evoluția suprafețelor și a producției totale de plante medicinale și aromatice în România în ultimii 10 ani (www.madr.ro)

Anul	Suprafețe (mii ha)	Producții totale (mii tone)
2007	7,4	2,9
2008	7,3	7,5
2009	10,1	7,1
2010	15,9	15,8
2011	11,8	11,2
2012	5,8	4,3
2013	4,7	4,4
2014	3,2	4,2
2015	3,2	4,2
2016	4,4	5,6
2017	3,2	4,1
2018	2,1	2,5

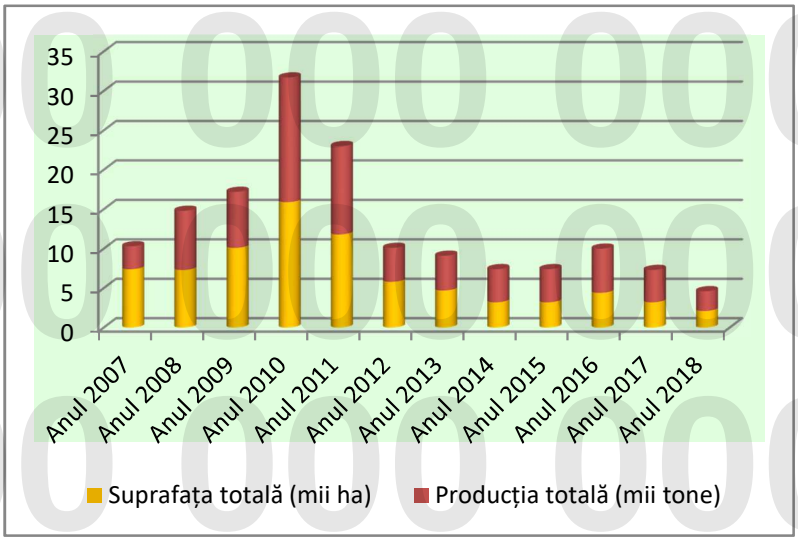


Fig. 8.1. Dinamica suprafețelor și a a producțiilor totale în perioada 2017- 2018 (www.madr.ro)

Din datele prezentate în fig 8.1. se observă că, cele mai mari suprafețe au fost cultivate în anii 2010 și 2011, tot atunci s-au obținut și cele mai mari producții totale. În schimb, cele mai mici suprafețe au fost cultivate în anul 2018, și binențeles, tot în acest an, s-au obținut și cele mai mici producții de plante medicinale și aromatice.

În ultimii ani, oamenii s-au orientat mai mult pe cultivarea de plante medicinale şi aromatice pentru a aduce pe piață produse de calitate. Piaţa din România a acestor produse este invadată de produse din import, care sunt de proastă calitate şi mult mai scumpe şi atunci producătorii au cultivat mai mult pentru a veni în piaţă cu produse bune, din materii prime de calitate. Din datele furnizate de Institutul Național de Statistică, în anul 2018 producţia internă, a putut asigura circa 20% din necesarul României de plante medicinale şi aromatice, restul fiind adus din import.

Potrivit ultimelor informații oficiale publicate, principalele plante medicinale şi aromatice cultivate în România sunt coriandrul, chimionul, anasonul, feniculul, melisa, gălbenelele, menta şi salvia.

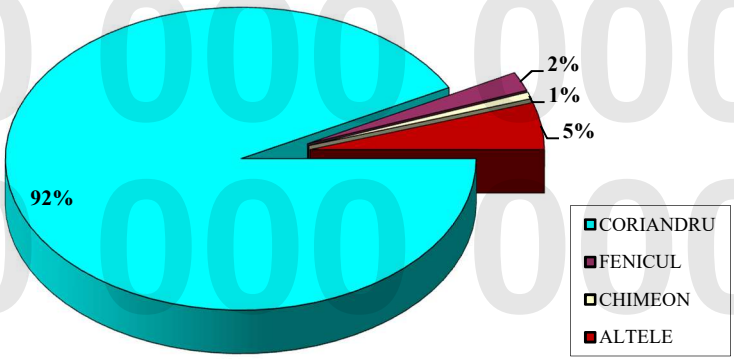


Fig. 8.2. Principalele plante medicinale cultivate în România (2018, www.madr.ro)

În anul 2018 s-au cultivat în jur de 20 de specii de plante, restul fiind recoltate din flora spontană dezvoltată peste 80% în păduri. O mare parte a plantelor merg la export în UE. Specialiştii susţin că ar fi nevoie de o "gardă a plantelor medicinale", care să protejeze zonele în care acestea se dezvoltă, ţări ca Ungaria, Republica Moldova sau Croaţia exportând acum mai mult decât România, ţară cu tradiţie dinainte de 1990.

8.3.2.1. Ameliorarea plantelor medicinale și aromatice în România

Lucrările de ameliorare în domeniul plantelor medicinale în România sunt mult rămase în urmă. Cu toate acestea, pe baza cercetărilor efectuate, totuși au fost clarificate unele aspecte privind bazele genetice ale ameliorării plantelor medicinale. Astfel, în prezent se cunoaște că însușirea de a produce principii active este ereditară și condiționată poligenic, iar cantitatea acestora este determinată oligogenic. De asemenea, se știe că, la unele specii, există un paralelism între creșterea numărului de genomuri și sporirea de principia active.

Formele poliploide, care s-au format în majoritatea cazurilor prin hibridări spontane, sunt bogate în principia active. Plantele medicinale cu înmulțire vegetativă produc un număr mai mare de mutații, decât speciile cu înmulțire regenerativă.

Încă sunt multe aspecte neelucidate, de mare importanță economică ca de exemplu condiționarea genetică a însușirilor de calitate, prin care s-ar putea acționa pentru separarea genotipurilor bogate în substanțe active.

Productivitatea plantelor medicinale este diferită de la o specie la alta, fiind determiantă poligenic. Ereditatea cantitativă a principiilor active este supusă acțiunii unor factori modificatori interni și externi, care modifică expresivitatea genelor.

Resursele genetice valoroase pentru ameliorarea capacității de producție sunt populațiile locale din flora spontană, care prezintă o mare bogăție de forme sub aspect morfologic și al conținutului în principii

active. Cercetările au confirmat germoplasma inepuizabilă oferită de flora spontană.

Prin studiile efectuate, s-a analizat variația conținutului de principii active și s-a constatat că, între populații, există mari diferențe, chiar și în arealul aceleiași localități. Conținutul în ulei volatil al populațiilor de *Thymus pannonicus* din Transilvania este cuprins între 0,31 și 0,37%, în timp ce, în Dobrogea, aceste populații au un conținut de peste 1,40%. Mătrăguna (*Atropa belladona)* prezintă două varietăți importante: *nigra* care conține antocian și *lutea* lipsită de antocian.

Degețelul roșu *(Digitalis purpurea)* introdus în cultură la noi în țară, a dat naștere la o serie de populații cu o producție de 2500 kg de frunze uscate la hectar, cu un conținut ridicat de cardenolipide de peste 11 kg/ha. Din acest soi, în urma autofecundării și hibridării s-au obținut linii uniforme, cu o producție de 2200 kg masă foliară și un conținut total de cardenolide de 1000 mg/100 g.

Rezultatele cercetărilor farmacologice efectuate în România, asupra speciilor de *Achillea* evidențiază o mare diversitate a conținutului de azulenă, în funcție de zona geografică.

În lucrările de ameliorare a mentei, se folosesc populații și soiuri care au ca sură de germoplasmă speciile *Mentha piperita și Mentha crispa.* La noi în țară există două varietăți *Mentha piperita var. pallescens* realizează o producție de masă uscată mare, dar săracă în ulei eteric. *Mentha piperita var. rubescens* este mai puțin productivă dar asigură un conținut mai mare de ulei eteric.

Hibridarea interspecifică reprezintă o metodă de ameliorare utilizată la plantele medicinale pentru diversificarea bazei genetice, realizându-se o mare diferențiere în spectrul chimic al principiilor active provenite de la ambii părinți. Astfel prin încrucișarea speciilor de mac *Papaver somniferum x Papaver orientale* sau *Papaver somniferum x Papaver bracteatum* s-a reușit obținerea de hibrizi cu un conținut ridicat de tebaină în capsule, lăstari și rădăcini.

În prezent în cadrul Institutului Național de Cercetare Dezvoltare Agricolă Fundulea există un laborator de plante medicinale și aromatice care are în colecție peste 100 de specii ce reprezintă baza

genetică pentru crearea de noi soiuri și hibrizi. De asemenea, în ultimii 10 ani, unele stațiuni de cercetare agricolă sau legumicolă din România (SCDL Bacău, SCDA Secuieni, SCDL Buzău, etc.) (foto 8.33. și 8.34.), și-au diversificat activitatea, introducând în tematica de cercetare, ameliorarea plantelor medicinale și aromatice în condițiile agriculturii ecologice și producerea de sămânță pentru furnizarea de semințe de calitate, fermierilor specializați în cultivarea plantelor medicinale și aromatice.

Tabelul 8.2

Soiuri de plante medicinale și aromatice înregistrate în Catalogul oficial al soiurilor în anul 2019

Specia	Soiul/varietatea	Menținăroul	Anul înregistrării
Sylibum marianum	De Prahova	INCDA Fundulea	1975
Mamordica charantia	Hof 30	SC HOFIGAL	2010
	Rodeo	SCDL Buzău	2014
Coriandrum sativum	Omagiu	INCDA Fundulea	2014
Echinacea angustifolia	Hof 55	SC HOFIGAL	2010
Echinacea pallida	Napoca	USAMV Cluj	2006
Echinacea purpurea	Cluj	USAMV Cluj	2010
	Hof 60	SC HOFIGAL	2010
Passiflora incarnata	Hof 70	SC HOFIGAL	2010
Calendula officinalis	Nataly	SC Ecoland	2018
Lavandula angustifolia	Alba 7	SC Ecoland	2018
	Emilia	INCDA Fundulea	2019
	George 90	Marchidan I	2017
	Moldoveanca 4	SC Ecoland	2017
	Vis magic 10	SC Ecoland	2018
Glycyrrhiza glabra	Julide	INCD Delta Dunării	2018
Lophanthus anisatus	Aromat de Buzău	SCDL Buzău	2018
Mentha piperita	Coral	INCDA Fundulea	2009
Amaranthus caudatus	Hof 100	SC HOFIGAL	2010
Acorus calamus	Ursula	INCD Delta Dunării	2003
Trigonella foenum-graecum	Robusta	INCDA Fundulea	2014
Amaranthus paniculatus	Cezar	SCDL Buzău	2017
Symphytum officinale	Corina	INCD Delta Dunării	2003
Helianthus tuberosus	Dacic	SCDL Buzău	2019
	Hof 130	SC HOFIGAL	2010
	Rareș	SCDL Buzău	2018

Foto 8.33. Lot semincer pentru specia *Echinacea purpurea* (SCDA Secuieni; 2018)

Foto 8.34. Lot semincer pentru specia *Hyssopus officinalis* (SCDA Secuieni; 2018)

CAPITOLUL 9.
UTILIZAREA TEHNICILOR MOLECULARE PENTRU ANALIZA DIVERSITĂȚII GENETICE A PLANTELOR

9.1. Introducere

Descoperirea bazei moleculare a fenomenelor biologice esențiale în plante este crucială pentru conservarea, gestionarea și utilizarea eficientă și durabilă a resurselor genetice vegetale (RGV). O înțelegere adecvată a diversității genetice existente și a modului de utilizare a acesteia este de interes primordial pentru cercetarea fundamentală și aplicată, cum ar fi gestionarea eficientă a RGV. În special, ameliorarea resurselor genetice vegetale depinde strict de introducerea continuă a rudelor sălbatice, a soiurilor tradiționale și a utilizării tehnicilor moderne de ameliorare, care necesită o evaluare a diversității la anumite niveluri pentru a selecta varietățile cele mai bune.

9.2. Evaluarea variațiilor genetice

Când se studiază și se măsoară diversitatea, este imperativ să înțelegem ce conservăm și ce pierdem. Pentru conservarea și utilizarea RGV, relațiile genetice sunt mai importante decât taxonomia acestora.Conceptul fondurilor genetice, propus de Harlan și de Wet (1971), se concentrează perfect pe relațiile dintre indivizi și populații și este deosebit de important pentru amelioratorii de plante să îmbunătățească cât mai mult culturile (Greene și Morris 2001).

Conceptul se bazează pe împărțirea resurselor genetice în trei fonduri genetice:

(i) Fondul primar de gene (FG1) la care speciile de plante, rudele sălbatice de cultură și speciile de buruieni înrudite

aparțin unor specii care prin încrucișare formează hibrizi fertili;

(ii) Fondul secundar de gene (FG2) cuprinde taxoni înrudiți care sunt capabili să formeze hibrizi cu specia cultivată, dar transferul de gene este slab și descendenții sunt adesea sterili și nu sunt viabili;

(iii) fondul de gene terțiar (FG3) include taxonii cu grad de rudenie foarte redus care nu se hibridează ușor în mediul natural și necesită asistență antropogenică în transferul de gene și hibridarea prin tehnici sofisticate, precum culturi de embrioni, grefarea, dublarea cromozomilor și utilizarea punților genetice.

Se poate afirma că ameliorarea plantelor, în prezent necesită adăugarea unei baze genetice cuaternare (FG 4) în care transferul de gene ar putea avea loc, numai prin inginerie genetică. Diversitatea poate fi măsurată la nivel morfologic, biochimic și /sau molecular.

9.2.1. Caracterizarea morfologică

Caracterizarea morfologică se bazează pe evaluarea fenotipului, care este rezultatul interacțiunilor genotipului cu mediul, și poate fi modificat în anumite proporții de diferiți factori de mediu. Capacitatea de a răspunde presiunilor de mediu fără implicarea mutațiilor, cunoscută sub numele de plasticitate fenotipică, poate fi împărțită în două categorii principale:

(i) flexibilitatea dezvoltării, care determină dezvoltarea diferitelor genotipuri în diferite condiții de mediu și;

(ii) flexibilitatea comportamentală, cuprinde toate elementele comportamentale care permit o adaptare temporară la o anumită condiție de mediu.

S-a constatat că variația genetică contribuie semnificativ la variația fenotipică și produce două tipuri principale de caractere:

(a) caractere cantitative, sunt caractere măsurabile și dau naștere la variabilitate continuă (definită ca o curbă Gaussiană) și;

(b) caractere calitative alternative, discontinue, nu sunt definite ca o curbă Gaussiană și generează o variabilitate "discontinuă". Studiul variabilității morfologice este metoda clasică de evaluare a diversității genetice.

Pentru multe specii, în special pentru culturile minore, este totuși singura abordare utilizată. Cu toate acestea, caracterizarea morfologică, chiar dacă nu necesită instrumente de analiză costisitoare, necesită suprafețe mari de teren pentru experimente, ceea ce face să fie chiar mai scumpă decât folosirea tehnicilor moleculare. În plus, caracterele analizate sunt adesea susceptibile la plasticitatea fenotipică; acest lucru permițând evaluarea diversității în prezența variațiilor de mediu. Cu toate acestea, o analiză a diversității genetice bazată numai pe trăsături agronomice și morfologice ar putea fi eronată, având în vedere că anumite caractere morfologice pot fi rezultatul unor mutații.

9.2.2. Caracterizarea citologică

Markerii citologici au fost utilizați pentru evaluarea resurselor genetice vegetale pe baza numărului și morfologiei cromozomilor din plante. Markerii citologici includ cariotipuri cromozomiale, bandări, repetări, deleții, translocări și inversiuni. Cromozomii mitotici permit analiza genomului nuclear prin mijloace microscopice, permițând observarea componentelor sale atât la nivel individual cât și la nivel global (cariotipul). Cariotipul oferă o imagine fenotipică a genotipului și înainte de aplicarea bandării cromozomiale, analiza distanței a fost făcută folosind diferite valori numerice și metrice care au descris cariotipul, cum ar fi numărul diploid de cromozomi (numărul de cromozomi sau 2n) și numărul fundamental de cromozomi (numărul de brațe cromozomale sau Nbc).

Nivelurile de ploidie sunt uneori folosite pentru a compara speciile, în principal la plante (Saideswara și colab., 1989). Poliploidia, răspândită pe scară largă în genomul plantelor, poate rezulta din duplicarea genomului (autopoliploidie) sau prin hibridare (alopoliploidie). Cu toate acestea, chiar dacă aceste schimbări sunt considerate rare,convergența în ploidie poate să nu fie atât de neobișnuită și tendința uneori de a reveni la nivelul diploid, complică înțelegerea modelelor de poliploidizare. Totuși, o tehnică recent dezvoltată bazată pe hibridarea genomică *in situ* (GISH) reprezintă un instrument puternic pentru investigarea evoluției organismelor poliploide (D'Hont și colab., 2002). Bandarea cromozomilor este un instrument puternic și este folosit în mod obișnuit pentru investigarea omologiei cromozomale și cuprinde tehnici de colorare diferențiată care dezvăluie o succesiune de benzi de-a lungul lungimii unui cromozom care variază în lățime și intensitate de colorare. Aceste benzi reflectă proprietățile intrinseci ale genomului (Sumner 1990), permițând accesul la informații care implică modele structurale (bandări GTG-, RHG- și CBG) și funcționale (replicare, bandare RBG) de cromozomi (Viegas-P'equignot și Dutrillaux 1978). Mai mult, dezvoltarea hibridării *in situ* și în special hibridarea fluorescentă *in situ* (FISH) prin utilizarea sondelor de vopsire cromozomială (Ferguson-Smith 1997) au confirmat că omologia în modelele de bandare este semnificativ legată de omologia în conținutul de gene. Dezvoltarea strategiilor moleculare, citogenetice și genomice, cum ar fi FISH și desenarea cromozomilor împreună cu cartografia genetică, permite depășirea nivelului analizei de bandă convențională (Ferguson-Smith 1997). Bazându-se pe hibridarea dintre probele de ADN marcate și ADN-ul genomic, tehnicile de hibridare *in situ* permit confirmarea fără echivoc a omologiei între cromozomi. Prin urmare, citogenetica moleculară face posibilă evaluarea omologiilor între taxonii distanțați, ceea ce creează

noi oportunități de determinare a relațiilor cromozomiale la niveluri taxonomice mai mari (Yang și colab., 2003).

9.2.3. Caracterizarea biochimică

Caracterizarea biochimică include evaluarea proteinelor depozitate în semințe și a aloenzimelor sau izoenzimelor. Aceste tehnici utilizează funcții enzimatice și sunt relativ ieftine, fiind metodele cele mai adecvate pentru măsurarea frecvenței alelelor în genele specifice. Cu toate acestea, chiar dacă există doar câteva sisteme de aloenzime per specie (nu mai mult de 30), există în mod corespunzător puțini markeri. Analizele aloenzimelor furnizează o estimare a frecvențelor genetice și genotipice în cadrul și între populații. Aceste date pot fi folosite pentru a măsura subdiviziunea populației, diversitatea genetică, fluxul de gene, structura genetică a speciilor și comparațiile între specii (Spooner și colab., 2005). Primele experiențe în analiza polimorfismului izoenzimatic în populațiile naturale au fost efectuate de Zouros și Foltz (1987). De atunci, izoenzimele au fost puternic utilizate, de asemenea, în studiile de genetică a populației (Brown, 1979). Așadar, aloenzimele au fost utilizate pentru a studia ratele de încrucișare, structura populației și divergența populației, cum ar fi în cazul speciilor sălbatice, rude ale plantelor de cultură (Hamrick și Godt 1997, Guarino 1999, Volis și colab., 2001, Gonzalez și colab., 2005) .

Printre avantajele majore ale acestor tipuri de markeri se numără: co-dominanța, absența efectelor epistace și pleiotrope, ușurința de utilizare și costurile reduse, chiar dacă în același timp, prezintă unele limitări importante, cum ar fi: numărul redus de sisteme polimorfice enzimatice disponibile, faptul că locii enzimatici reprezintă partea exprimată a genomului care este doar o porțiune mică și nu aleatorie; ele sunt afectate de faza fenologică a plantei și, în final, variabilitatea observată poate să nu fie reprezentativă pentru întregul genom. Mai mult, deși acești markeri permit o procesivitate ridicată, o comparație a

probelor din diferite specii, totuși acet tip de caracterizare este afectată de metodologia de extracție din țesuturile vegetale și de stadiul de dezvoltare al plantelor.

9.2.4. Caracterizarea moleculară

Analizele de diversitate genetică se bazează, de obicei, fie pe aloenzime, fie pe markeri moleculari, care tind să fie neutri. S-a susținut că rata de pierdere a diversității acestor markeri neutri va fi mai mare decât a acelora care au un anumit grad de potrivire. Pentru verificarea acestor date, Reed și Frankham (2003) au realizat o meta-analiză a componentelor ce se potrivesc la trei populații și în care au fost măsurate heterozigoția și eritabilitatea sau mărimea populației. Concluziile lor, bazate pe 34 de seturi de date, au concluzionat că heterozigoția, mărimea populației și variațiile cantitative genetice, toate folosite ca indicatori ai similarității, au fost corelate în mod semnificativ pozitiv cu aptitudinile populației. Variabilitatea genetică în cadrul unei populații poate fi evaluată prin:

1. Numărul și procentul de gene polimorfe din populație;
2. Numărul alelelor pentru fiecare genă polimorfă;
3. Proporția locilor heterozigoți pe individ.

Metodele de determinare a proteinelor, cum ar fi electroforeza aloenzimelor, și metodele moleculare, cum ar fi analiza ADN, măsoară direct variațiile genetice, dând o indicație clară a nivelurilor de variație genetică prezente la o specie și/sau populație (Karp și colab., 1996) fără interferența factorilor de mediu. Cu toate acestea, ele au dezavantajul de a fi relativ scumpe, consumatoare de timp și necesită un nivel ridicat de expertiză și materiale de analiză.

Conceptul de markeri genetici nu este unul nou; în secolul al XIX-lea, Gregor Mendel a folosit markeri genetici pe bază de fenotip în experimentele sale. Mai târziu, s-au folosit markerii genetici bazați pe fenotip la *Drosophila melanogaster* care au condus la fondarea teoriei

legăturii genetice, care apare atunci când anumiți loci, alele sau gene sunt moștenite în comun. Limitările markerilor genetici bazați pe fenotip au dus la dezvoltarea markerilor ADN-ului, adică a markerilor moleculari. Un marker molecular poate fi definit ca un locus genomic, detectat cu ajutorul unei sonde sau starter specific (primer) care, în virtutea prezenței sale, distinge fără echivoc caracterul cromozomic pe care îl reprezintă, precum și regiunile de flancare la extremitatea 3'sau 5' (Barcaccia și colab., 2000).

Markerii moleculari pot sau nu pot să coreleze cu expresia fenotipică a unei trăsături genomice. Ei oferă numeroase avantaje în comparație cu metodele convenționale bazate pe fenotip, deoarece aceștia sunt stabili și detectabili în toate țesuturile, indiferent de fazele de creștere sau de starea de dezvoltare a celulei. În plus, acestea nu sunt influențate de efectele ecologice, pleiotropice și epistatice. Caracterizarea moleculară este mai scumpă, însă se cunosc mulți markeri, permițând astfel studierea unui număr mult mai mare de gene care codifică expresia plantelor, precum și pentru alte segmente necodificate ale cromozomilor. Analiza se bazează pe extracția ADN-ului, amplificarea acestuia (mai mult decât prin proceduri de reacție în lanț a polimerazei) și analizarea frecvențelor genelor rezultate și a secvențelor de ADN. Un marker molecular detectează secvențele genei la o locație cunoscută în cadrul unui cromozom. Acești markeri nu se referă la activitatea genelor specifice, ci se bazează direct pe diferențe, evidențiindu-se (polimorfisme) într-o secvență nucleică, la diferiți indivizi, ca rezultat al inserției, deleților, translocațiilor, duplicațiilor, mutațiilor punctuale etc.

Un punct de pornire pentru identificarea diferitelor clase de markeri moleculari poate fi luarea în considerare a diferitelor tehnici folosite.Acestea se bazează fie pe restricționarea hibridării acidului nucleic, fie pe tehnici bazate pe reacția în lanț a polimerazei (PCR), sau

ambele. O altă diferențiere poate fi obținută fie prin selectarea markerilor multi-locus sau a celor cu un singur locus.

Markerii multi-locus permit analize simultane ale mai multor loci genomici, care se bazează pe amplificarea caracterelor cromozomiale cu ajutorul primerilor oligonucleici cu secvențe arbitrare. Acești markeri sunt, de asemenea, definiți ca fiind dominanți, deoarece este posibil să se observe prezența sau absența unei benzi pentru orice locus, dar nu este posibil să se facă distincție între starea de heterozigoție și homozigoție pentru aceeași alelă și se atribuie diferite variante alelice aceluiaș locus. Prin contrast, markerii cu un singur locus utilizează sonde sau primeri specifici locilor genomici și sunt capabili să realizeze hibridarea sau să amplifice trăsăturile cromozomilor cu secvențe bine cunoscute. Aceștia sunt definiți ca fiind dominanți, deoarece permit discriminarea între locii homozigoți și cei heterozigoți.

Prin dezvoltarea markerilor moleculari, au fost create instrumente puternice, astfel încât resursele genetice să poată fi evaluate și caracterizate cu exactitate (Tabelul 9.1). Majoritatea acestor tehnici, bazate pe analiza moleculelor bogate în informație, oferă o estimare fiabilă a legăturilor, filogeniei și moștenirii caracteristicilor genetice (Caetano-Anolles și colab., 1991). Cu ajutorul markerilor moleculari și a hărților genetice, este posibil să se obțină o viziune generală asupra genelor care controlează trăsăturile agronomice, morfologice și biochimice în plante. În plus, acestea devin esențiale pentru a explica dacă variabilitatea genetică existentă, care este evaluată cu ajurorul caracterelor biochimice și morfologice, este legată de diversitatea genetică analizată, prin măsurarea frecvențelor alelelor detectate cu markerii moleculari.

Prin intermediul acestor informații este posibilă construirea unei colecții de lucru, care să reprezinte o bază pentru programele viitoare de ameliorare. Prin urmare, în scenariul actual, markerii moleculari

devin markeri de alegere pentru studiul diversității genetice a plantelor cultivate care revoluționează biotehnologia plantelor.

Tabelul 9.1.

Clasificarea markerilor moleculari

Tehnici de restricție-hibridare	
RFLP	Restriction Fragment Length Polymorphis
VNTR	Variable Number Tandem Repeats
REF	Restriction Endonuclease Fingerprinting
Tehnici PCR	
Amplificare multiplă arbitrară (MAAP)	
RAPD	Randomly Amplified Polymorphic DNA
DAF	Amplification Fingerprint
AP-PCR AFLP	Arbitrarily primed PCR
AFLP	Amplified Fragment Length Polymorphism
SAMPL	Selective Amplification of Polymorphic Loci
ISSR	Inter-Simple Sequence Repeats
SPAR	Single Primer Amplification Reaction
DAMD	Directed Amplification of Minisatellites DNA
Amplificare specifică PCR	
Secvențe etichetate (STS)	
ARMS	Amplification Refractory Mutation System
ASAP	Arbitrary Signatures from Amplification
ASH	Allele-Specific Hybridization
ASLP	Amplified Sequence Length Polymorphism
ISTR	Inverse Sequence-Tagged Repeats
SSCP	Single Strand Conformation Polymorphism
SPLAT	Single Polymorphic Amplification Test
TGGE	Thermal Gradient Gel Electrophoresis
DGGE	Denaturing Gradient Gel Electrophoresis
Markeri moleculari bazați pe secvențe de microsateliți	
SSR	Simple Sequence Repeats
RAHM	Randomly Amplified Hybridizing Microsatellites
RAMPs	Randomly Amplified Microsatellite Polymorphisms
STMS	Sequence Tagged Microsatellite Site
SSLP	Single Sequence Length Polymorphism
MP-PCR	Microsatellite-Primed PCR
RAMS	Randomly Amplified Microsatellites
CAPS	Cleaved Amplification Polymorphic Sequence
SCAR	Sequence Characterized Amplification Regions
SNP	Single Nucleotide Polymorphism

EST-SSR	Expressed Sequence Tags-SSR
Markeri moleculari bazați pe secvențe de ADN	
DART	Diversity Arrays Technology
ASO	Allele Specific Oligonucleotide
CAS	Coupled Amplification and Sequencing
GBA	Genetic Bit Analysis
OLA	Oligonucleotide Ligation Assay
Markeri moleculari bazați pe secvențe de ARN (RBMs)	
iSNAP	Inter Small RNA Polymorphism
RAP-PCR RNA	RNA- Arbitrarily Primed PCR
cDNA-SSCP cDNA-	cDNA- Single Strand Conformation Polymorphism
cDNA-AFLP	cDNA-Amplified Fragment Length Polymorphism
cDNA-RFLP	cDNA-Restriction Fragment Length Polymorphism
Elemente transpozabile bazate pe markeri moleculari	
REMAP	Retrotrasposon-Microsatellite Amplified Polymorphism
RBIP	Retrotrasposon-Based Insertion Polymorphism
IRAO	Inter-Retrotrasposon Amplified Polymorphism
IRAP	Inter-Retrotransposon Amplified Polymorphism
S-SAP	Sequence-Specific Amplification Polymorphisms

9.3. Alegerea markerului molecular „perfect"

Datorită evoluțiilor rapide a geneticii moleculare și a noilor descoperiri în secvențierea următoarei generații (NGS), în ultimii ani, au apărut o mulțime de tehnici diferite pentru analiza variațiilor genetice. Din păcate, nu există o abordare moleculară unică pentru multe dintre problemele cu care se confruntă managerii băncilor de gene și multe tehnici se completează reciproc, de aici alegerea tipologiei de markeri care "îmi convine" devine foarte dificilă. Cu toate acestea, unele tehnici sunt în mod clar mai potrivite decât altele pentru anumite aplicații specifice cum ar fi diversitatea culturilor și studiile de taxonomie. În această perspectivă, înțelegerea tuturor însușirilor care caracterizează o clasă de markeri moleculari este crucială.

Indicatorii genetici pot diferi în funcție de caracteristici importante, cum ar fi:

- nivelul polimorfismului detectat;
- specificitatea locusului;

- abundența genomică;
- reproductibilitatea;
- cerințele tehnice și personal înalt calificat;
- costurile și;
- constrângerile de timp.

Niciun marker nu este superior tuturor celorlalte pentru o gamă largă de aplicații, iar cel mai adecvat marker genetic depinde strict de aplicație (Tabelul 8.2).Un marker molecular ideal ar trebui să posede următoarele caracteristici:

- să fie foarte polimorfic: condiție necesară pentru evaluarea variabilității genetice;
- să fie co-dominant: capabil să facă diferența între stările homozigote și heterozigote în organismele diploide;
- să apară frecvent în genom;
- să ofere o rezoluție adecvată diferențelor genetice;
- să fie detectați locii multipli, independenți și fiabili;
- să aibă un comportment neutru: secvențele de ADN ale oricărui organism sunt neutre față de condițiile de mediu sau de practicile de management, acest lucru permite ca variația să fie atribuită numai originii genetice;
- acces ușor și testare rapidă: metoda trebuie să fie simplă, rapidă și ieftină;
- reproductibilitate ridicată: pentru a garanta rezultate clare între diferite laboratoare și echipamente;
- să solicite cantități mici de probe de țesut și ADN;
- să nu necesite informații prealabile despre genomul unui organism.

Cu toate acestea, este practic imposibil să se definească un marker molecular care să îndeplinească toate criteriile de mai sus. Prin urmare, alegerea markerului corect se bazează pe capacitatea de asociere a diferitelor caracteristici la aplicația specifică care trebuie întreprinsă (Weising și colab., 1995). La început, markerii moleculari

pot fi clasificați ca markeri pe bază de hibridare și markeri pe bază de PCR. În prima, profilurile ADN sunt vizualizate prin hibridarea ADN-ului digerat cu o enzimă de restricție, la o probă marcată, care este un fragment ADN de origine sau secvență cunoscută.

Un marker PCR implică amplificarea *in vitro* a secvențelor de ADN sau a locilor, folosind fragmente oligonucleotidice (primeri) selectate arbitrar și o enzimă termostabilă ADN polimerază (polimerază Taq). Fragmentele amplificate sunt separate prin electroforeză, iar modelele de bandare sunt detectate prin metode diferite, cum ar fi colorarea, auto-radiografia sau secvențierea directă. Secvențele de primeri sunt alese pentru a permite legarea specifică la un șablon în orientare inversă. PCR este extrem de sensibil, rapid și fiabil. Aplicarea sa în diverse scopuri a deschis o multitudine de noi posibilități în domeniul biologiei moleculare și geneticii.

Recent, a apărut o nouă clasă de tehnici avansate, derivată în primul rând din combinațiile tehnicilor mai vechi. Aceste tehnici de marcare avansate, combină aspectele avantajoase ale mai multor tehnici de bază. În special, metodele mai noi încorporează modificări în tehnicile de bază, mărind astfel sensibilitatea și rezoluția în detectarea discontinuității genetice și a caracterului distinctiv. Tehnicile avansate de markeri utilizează, de asemenea, clase mai noi de elemente ADN cum ar fi retrotranspozomii, microsateliții mitocondriali și cloroplastici, permițând o acoperire genomică crescută. Tehnici precum ADN polimorfic amplificat aleator (RAPD) și polimorfismul amplificat al lungimii fragmentelor (AFLP) sunt, de asemenea, aplicate în șabloanele bazate pe ADNc (adică secvențele de ADN complementar obținute prin retrotranscripția ARNm), pentru a studia modelele expresiei genetice și pentru a descoperi baza genetică a răspunsurilor biologice. Odată cu apariția tehnologiilor NGS, este posibil ca în prezent să se analizeze un număr mare de probe într-o perioadă mult mai scurtă de timp.

9.4. Tehnici care nu utilizează reacția în lanț a polimerazei (PCR)

Markerii moleculari bazați pe tehnicile de restricționare-hibridare au fost utilizați relativ timpuriu în domeniul studierii plantelor și au combinat utilizarea endonucleazelor de restricție și a metodei de hibridare (Southern 1975). Endonucleazele de restricție sunt enzimele bacteriene capabile să taie ADN, să identifice secvențe de palindroame specifice și să producă fragmente polinucleotidice cu dimensiuni variabile.Orice modificări în cadrul secvențelor, cum ar fi mutațiile între două situsuri (deleții și translocații) sau mutații în situsul enzimelor pot genera variații în lungimea fragmentului de restricție, obținut după digestia enzimatică.

RFLP- Restriction Fragment Length Polymorphisms - a fost utilizată începând cu anii 70, fiind prima tehnologie dezvoltată care a permis detectarea polimorfismelor la nivelul secvențelor de nucleotide. Prezintă dezavantajul că necesită cantități mari de ADN, are un cost relativ ridicat, este nevoie de echipament specializat, și nu se pretează la automatizare în totalitate, folosește sonde marcate radioactiv, și ca urmare este utilizată din ce în ce mai puțin.

Principiul metodei se bazează pe fragmentarea ADN-ului cu enzime de restricție. Fiecare enzimă de restricție recunoaște o secvență specifică și caracteristică de nucleotide. O singură modificare a unei nucleotide poate crea sau distruge un loc de restricție. Astfel, modificându-se locusurile de restricție se modifică și numărul sau lungimea fragmentelor de ADN rezultate (Murariu M., și colab., 2012). Fragmentele de ADN rezultate, în urma acțiunii enzimei sunt supuse electroforezei într-un gel de agaroză, având loc o blocare diferențiată a acestor fragmente, în funcție de greutatea moleculară sau de numărul de nuclotide. Ulterior sunt transferate pe o membrană de nylon (nitroceluloză) prin presare sau sucțiune, procedeu denumit *Southern transfer.*

Pentru „marcarea” unor fragmente se procedează la hibridarea (*Southern hybridisation*) acestora cu “sonde” de ADN, marcate radioactiv. Sondele se vor ataşa de fragmentele complementare şi permit vizualizarea poziţionării lor (prin impresionarea unui film Roentgen - autoradiografie). Se poate obţine astfel o amprentă genetică a ADN-ului luat în studiu sau este posibilă identificarea unor markeri moleculari.

Tehnologia RFLP a fost exploatată pe scară largă pentru construcția hărților genetice, în evaluarea diversității genetice, în special la plantele cultivate (Castagna și colab., 1994, Deu și colab., 1994) dar și la rudele sălbatice (Besse et al., Laurent și colab., 1994, Bark and Havey 1995) și pentru studii de amprentare (Fang et al., 1997).

Cu toate acestea, există o clasă de markeri moleculari capabili să depășească acest inconvenient. Acești markeri sunt dezvoltați pe anumite regiuni foarte variabile, intercalate de-a lungul genomului și constituite prin repetări ale secvențelor scurte, simple. Acestea sunt cunoscute sub denumirea de "microsateliți" și sunt formate din unități repetitive de bază de la 2 până la 8 perechi în funcție de lungime (microsateliți sau SSR), până la repetiții mai lungi de 16-100 de perechi de baze denumite "minisateliți". Fiind hipervariabilă, analiza RFLP utilizează sonde pentru mini sau microsateliți, produce șabloane multi-locus capabile să producă discriminări la nivelul populațiilor și indivizilor.

VNTR - Variable Numbers of Tandem Repeats – este o altă tehnică moleculară care nu este bazată pe reacția în lanț a polimerazei (PCR). Variația produsă derivă din modificările numărului de copii ale repetării de bază, iar clasa de marcatori bazată pe acest tip de variație este numită în mod specific VNTR. Această tehnică a fost aplicată pe scară largă pentru studierea variațiilor populației, pentru estimarea distanțelor genetice și pentru aplicațiile ecologice (Lynch 1990, Alberte et al 1994, Antonious și Nybom 1994).

Ca și RFLP, VNTR-urile prezintă aceleași limitări ca și celelalte tehnici, mai puțin complexe din punct de vedere tehnic, cunoscute sub numele de tehnici bazate pe PCR. Cu toate acestea, atunci când sunt combinate cu tehnicile ce folosesc amplificarea PCR pe un anumit locus, atât tehnicile RFLP cât și VNTRs au multe de oferit.

9.5. Markeri bazați pe tehnici de amplificare

Odată cu apariția tehnicilor de amplificare, caracterizarea moleculară a fost folosită tot mai mult pentru examinarea diversității genetice. Metodologia se bazează pe utilizarea enzimelor de restricție urmată de amplificarea fragmenetelor de ADN rezultate și de detectarea polimorfisemlor lungimilor acestor fragmente. Utilizarea primerilor randomizați a depășit limita cunoștințelor anterioare, pentru analiza PCR și a fost aplicabilă la toate organismele la care s-au obținut markeri genetici pentru diferite scopuri. Tehnicile bazate pe PCR pot fi subdivizate în două subcategorii: (1) tehnici PCR bazate pe markeri nespecifici și (2) tehnici bazate pe PCR cu secvențe vizate. Pe baza primei categorii, au fost dezvoltate două tipuri diferite de markeri moleculari: RAPD și AFLP.

9.5.1. Tehnici PCR bazate pe markeri nespecifici

În prima categorie au fost dezvoltate o serie de tehnici strâns legate și denumite împreună "Amplicon Multiple Arlingrary Profiling" (MAAP) (Caetano-Anolles 1994).Chiar dacă, dintre acestea, RAPD este cel mai frecvent utilizat, pot fi incluse și alte tehnici, cum ar fi PCR cu primeri arbitrari (AP-PCR) (Welsh și McClelland 1990) și Amplificarea amprentării (Caetano-Anolles și colab. 1994) care diferă de RAPD prin lungimea primerului, strictețea condițiilor și metoda de separare și detectare.

RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) a fost descoperită de Williams şi colaboratorii în anul 1990. Metoda este rapidă, relativ ieftină şi bine adaptată pentru obţinerea unei amprente

genetice neradioactive (Welsh J. şi McClelland M.– 1990). Utilizează un singur primer (cu un număr mic de nucleotide) într-o reacţie de amplificare (Williams W. şi colab., 1990). S-au semnalat unele probleme legate de reproductibilitatea metodei şi existenţa unor erori care pot apărea la aplicarea software-lor de evaluare a markerilor (Demeke A. şi colab. – 1997, Karp A. şi colab. – 1997).

Un singur primer constituit din aproximativ zece nucleotide va identifica secvenţe omoloage în ADN-ul analizat şi va determina amplificarea unor regiuni diferite ale genomului cu lungimea de 200 până la 2000 kb, care se găsesc între două copii complementare ale acestuia. Statistic, şansa identificării unei secvenţe omoloage este de aproximativ de 1/1.000.000 perechi de baze. Pentru un genom de mărime medie, se vor obține între 5 şi 10 fragmente. Pot fi utilizaţi foarte mulţi primeri şi sunt, practic, într-un număr nelimitat de RAPDs în cadrul unui genom.

Fragmentele amplificate de ADN sunt supuse electroforezei într-un gel de agarozã, ele separându-se în funcţie de greutatea moleculară. Colorarea se face cu etidium bromid, iar vizualizarea benzilor de ADN se face prin expunerea gelului ce conţine ADN marcat la o sursă de radiaţii UV şi fotografiere.

Se obţin imagini (fotografii) care pot fi scanate şi prelucrate ulterior cu ajutorul unui software specific.

Metoda este utilizată îndeosebi pentru identificarea diversităţii genetice şi studiilor de filogenie (Tinker N.A. şi colab., 1993, Bagheri A. şi colab., 1995, Hoey B.K. şi colab., 1996, Ordon F. şi colab., 1997, Iqbal N.J. şi colab., 1997, Samec P. şi colab., 1996 şi 1998 etc.).

RAPD a fost aplicat foarte mult pentru că acest tip de markeri nu necesită probe mari de ADN sau orice alt tip de informații de secvență pentru proiectarea markerilor specifici.

RAPD prezintă și alte avantaje, cum ar fi:

- nu este necesară nici o informație despre secvența anterioară pentru proiectarea primerilor care pot fi utilizați în diferite șabloane;
- RAPD-urile sunt simple, rapide și rentabile mai ales în comparație cu RFLP (Williams și colab., 1991; Bardakci 2001);
- cantitatea de ADN care trebuie utilizată este foarte mică fiind amplificată prin PCR.

În același timp, RAPD prezintă unele dezavantaje nesemnificative:

- Repetabilitatea și fiabilitatea foarte redusă a profilurilor polimorfe RAPD (Vos și colab., 1995);
- Nu poate fi utilizată pentru a distinge genotipurile homozigote de cele heterozigote în populațiile din generația F2;

Unele variante ale markerilor RAPD au fost dezvoltate independent, denumite AP-PCR și DAF. Acestea diferă de RAPD în esență în lungimea primerului, condițiile de stringență și metoda de separare/detectare a fragmentelor. Cu AP-PCR (Welsh și McClelland 1990), un singur primer cu o lungime de 10-15 nucleotide este folosit cu o amplificare inițială a două cicluri PCR cu stringență scăzută.

RAPD a fost utilizat în mai multe scopuri, de la studii la nivel individual (de exemplu, identitate genetică) la studii care implică specii strâns legate. RAPD a fost de asemenea aplicat în studiile de cartografiere a genei pentru a umple golurile neacoperite de alți markeri (Williams și colab., 1990, Hadrys și colab., 1992). Mai mult decât atât, datorită vitezei și eficienței analizei RAPD, a fost dezvoltată cartografia genetică cu densitate ridicată la multe specii de plante, cum ar fi *Vicia faba* (Torres și colab., 1993), *Melilotus officinalis* (Kiss și colab., 1993) într-un timp relativ scurt. Analiza RAPD a liniilor non-isogenice (NIL) a fost utilizată cu succes în identificarea markerilor legați de genele rezistente la boală, la fasole (*Phaseolus vulgaris*) (Adam-Blondon și colab., 1994), tomate (*Lycopersicon esculentum* 1991) și salată (*Lactuca sp.*) (Paran și colab., 1991).

Ca urmare a avantajelor sale, metoda RAPD a fost utilizată de cercetătorii de la USAMV Iași la stabilirea similarităţii genetice a 61 de populaţii de porumb (Simioniuc și colab., 2012) originare din România, conservate *ex situ* la Banca de Gene Suceava.

Pentru caracterizarea genetică a germoplasmei de porumb originară din România (tabelul 9.2.), prin metoda RAPD a fost necesară, în primul rând, extragerea ADN genomic. Din fiecare variantă s-au prelevat frunze de la plante tinere de porumb care au fost congelate în azot lichid.

Tabelul 9.2.

Populaţii de porumb originare din România, caracterizate molecular, prin metoda RAPD (Simioniuc D., 2011)

Număr intrare	Denumire proba	Origine	Număr intrare	Denumire proba	Origine
SVGB-8012	METES 1	AB	SVGB-8026	ZLATNA 4	AB
SVGB-8022	ZLATNA	AB	SVGB-1790	PETROSANI 2	HD
SVGB-9800	CIUNGANI	HD	SVGB-3599	MAGURA ILVEI 1	BN
SVGB-9807	CERBAL 2	HD	SVGB-1806	CN-21-84C	CJ
SVGB-845	B-173	SM	SVGB-8043	RACOVITENI 3	BZ
SVGB-7750	VLADESTI	AG	SVGB-9966	SANTMARTIN	HG
SVGB-5880	GLODENI 6	GJ	SVGB-911	DUMBRAVA	CJ
SVGB-5483	POLOVRAGI 4	GJ	SVGB-4813	CALAFAT 2	DJ
SVGB-7900	PADES 2	GJ	SVGB-7820	SARADIS 2	CJ
SVGB-7282	PRUNDU BARGAULUI 13 {A}	BN	SVGB-1423	LUDESTI 2	HD
SVGB-5219	STARCHIOJD 6	PH	SVGB-3764	NEREJU 12	VN
SVGB-3971	CARBUNESTI 480	GJ	SVGB-1357	JITIA DE JOS 3	VN
SVGB-3973	BALCESTI 1	CJ	SVGB-3722	RODNA 10	BN
SVGB-7811	BOLDUT 2	CJ	SVGB-11575	CRISTINESTI	BT
SVGB-7745	DRAGHICI	AG	SVGB-5226	IZVOARELE 3	PH
SVGB-5168	TEREGOVA 5	CS	SVGB-7812	VALEA LUI CATI	CJ
SVGB-11231	POIANA TEIULUI 5	NT	SVGB-7645	PONOARELE 6	MH

SVGB-9591	SATU MARE B 139-84	HR	SVGB-4005	PLENITA II	DJ
SVGB-1399	BALSA 9	HD	SVGB-7624	BEZDEAD 1	DB
SVGB-8865	BRUSTUROASA 10	BC	SVGB-4023	ALMAJ 1	DJ
SVGB-5874	RUNCU 3	GJ	SVGB-9577	SATU MARE B 172-84	HR
SVGB-981	B-159	SM	SVGB-16145	DINTE CAL DE FRASINET	CL
SVGB-499	ILVA MICA 43	BN	SVGB-9887	BAISOARA 5	CJ
SVGB-595	CEAHLAU 154	NT	SVGB-4019	TURNU SEVERIN 1	MH
SVGB-7701	STOENESTI 3	VL	SVGB-1015	CHICHIS	CV
SVGB-952	B-181	HR	SVGB-1179	MIERCUREA	MS
SVGB-5557	PIETRARI	VL	SVGB-1244	ZOLTAN	CV
SVGB-9920	BLAJ CIUGUD	AB	SVGB-1640	GEOAGIU 28	HD
SVGB-5172	TEREGOVA 6	CS	SVGB-11584	GEORGE ENESCU 4	BT
SVGB-7754	VALEA SILISTII	AG	SVGB-14153	JELNA 1	BN
SVGB-9919	BLAJEL	SB			

Pentru **extragerea ADN** a fost utilizată metoda CTAB (hexadecyltrimethilammonium bromide) modificată de Doyle and Doyle în 1987.

Stabilirea concentraţiilor ADN s-a realizat cu ajutorul fluorospectofotometrului de tip NanoDrop 2200. S-au realizat diluţiile necesare amestecului PCR (5 ng/µl) cu soluţe TE.

Pentru determinarea diversităţii genetice a celor 61 populaţii de porumb s-a utilizat un număr de 8 primeri decamerici RAPD (tabelul 9.3.) ce au fost selectaţi în urma realizării unui screening iniţial cu 20 de primeri. S-au ales doar acei primeri care au generat fragmente polimorfice.

Tabelul 9.3.

Primerii RAPD utilizaţi pentru caracterizarea moleculară a populațiilor de porumb (Simioniuc D.,2011)

Nr crt.	**Primer**	**Secvenţa (5'-3')**
1.	ROTH A15	TTC CGA ACC C
2.	ROTH A16	AGC CAG GCA A
3.	ROTH A17	GAC CGC TTG T

4.	ROTH B02	TGA TCC CTG G
5.	ROTH B08	GTC CAC ACT C
6.	ROTH B13	TTC CCC CGC T
7.	ROTH B14	TCC GCT CTG G
8.	ROTH B16	TTT GCC CGG A

Separarea electroforetică a produşilor de amplificare au fost efectuată în gel de agaroză cu o concentraţie de 2%.

Vizualizarea fragmentelor s-a realizat prin colorarea acestora cu bromură de etidium în concentraţie de 0,5µl/ml (fig.9.1.).

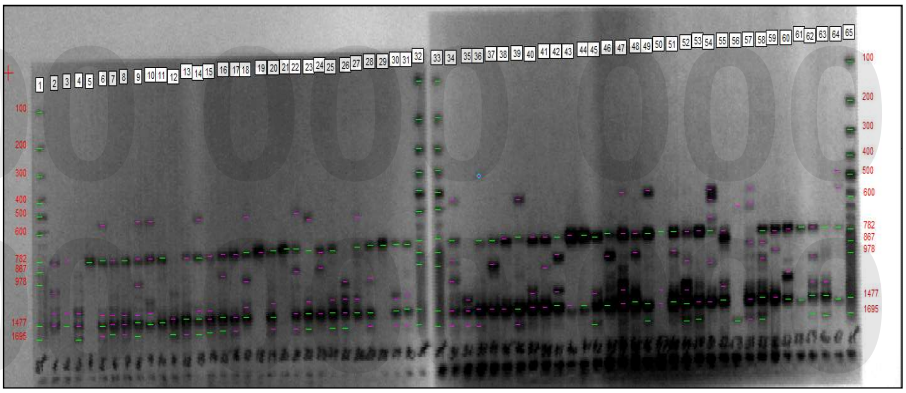


Fig. 9.1. Imagine obţinută cu ajutorul primerului B 13 şi analizată cu RFLPScan 2.1 pentru populaţiile de porumb genotipate (Simioniuc D., 2011)

Analiza imaginilor rezultate prin RAPD s-a efectuat cu ajutorul programului RFLP Scan 2.1, iar imaginile obținute reprezintă două geluri lipite (30 şi 31 genotipuri). Au fost alese, marcate şi utilizate în calcul doar acele benzi care au fost clare şi nu au ridicat nici un semn de întrebare privind prezenţa sau absenţa fragmentelor (fig. 9.1.). Datele rapoartelor furnizate de programul RFLP scan au fost prelucrate utilizându-se programul NTSYS pc 1.7. Gruparea variantelor pe grupe înrudite genetic a fost realizată cu ajutorul coeficientului de similaritate Lei si Ni şi UPGMA (unweighted pair-group method arithmetric average). Prin determinarea similarităţii genetice a celor 61 populaţii de

porumb au rezultat 91 de benzi cu mărimi cuprinse între 74 si 1687 bp, din care 86 au fost polimorfice.

Cel mai mic număr de fragmente amplificate a fost 6 (A15) iar cel mai mare număr, a fost 17 (ROTH B13 si B14). După cum se observă în tabelul 9.4 nivelul de benzi polimorfice la cei 8 primeri folosiţi la analiza RAPD a oscilat între 83% (ROTH A15) şi 100% (ROTH A16, A17 şi B08).

Tabelul 9.4.

Numărul de fragmente amplificate, numărul de benzi polimorfice şi procentul de polimorfism pentru fiecare primer folosit la analiza RAPD (Simioniuc D., 2011)

Primer	Număr fragmente amplificate	Fragmente polimorfice	Mărime fragmente (bp)	Procent polimorfism (%)
ROTH A15	6	5	373-972	83%
ROTH A16	10	10	376-1058	100%
ROTH A17	7	7	204-873	100%
ROTH B02	10	9	253-964	90%
ROTH B08	14	14	74-1281	100%
ROTH B13	17	16	413-1678	90%
ROTH B14	17	16	283-1397	94%
ROTH B16	10	9	351-1207	90%

Cu ajutorul programului de calcul statistic SPSS s-a calculat similaritatea genetică dintre genotipurile analizate, rezultând dendrograma din figura 9.2. şi graficul cu frecvenţa benzilor de ADN din figura 9.3. Din primul grafic se observă că, după gradul de asemănare, probele s-au grupat în trei clustere (C1-..C3), iar în al doilea grafic (fig. 9.3.), se observă că nu există duplicate în cadrul celor 61 populaţii de porumb analizate, valorile matriciale fiind foarte apropiate, dar nu identice.

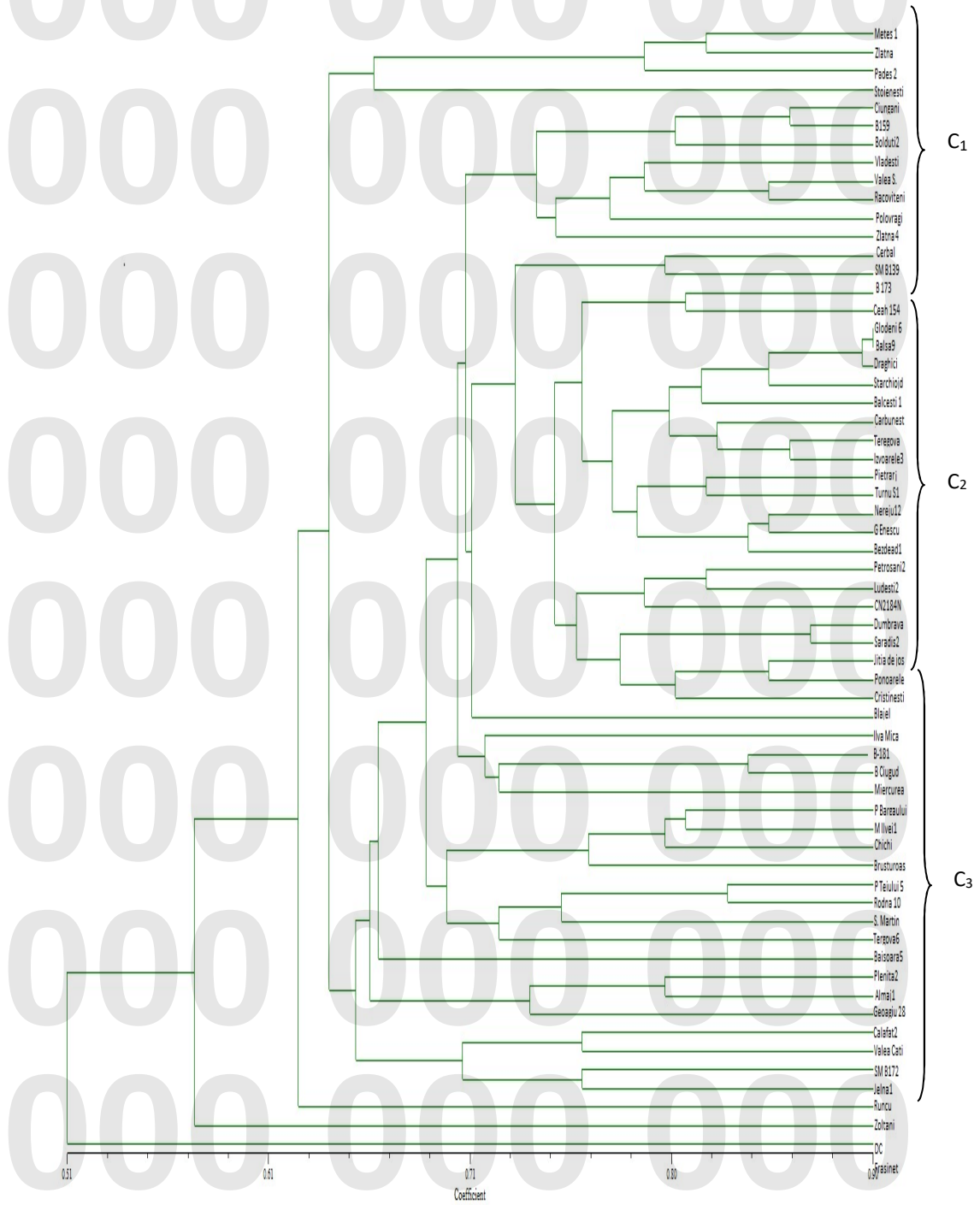


Fig. 9.2. Dendrogram analizei RAPD la populaţii de porumb

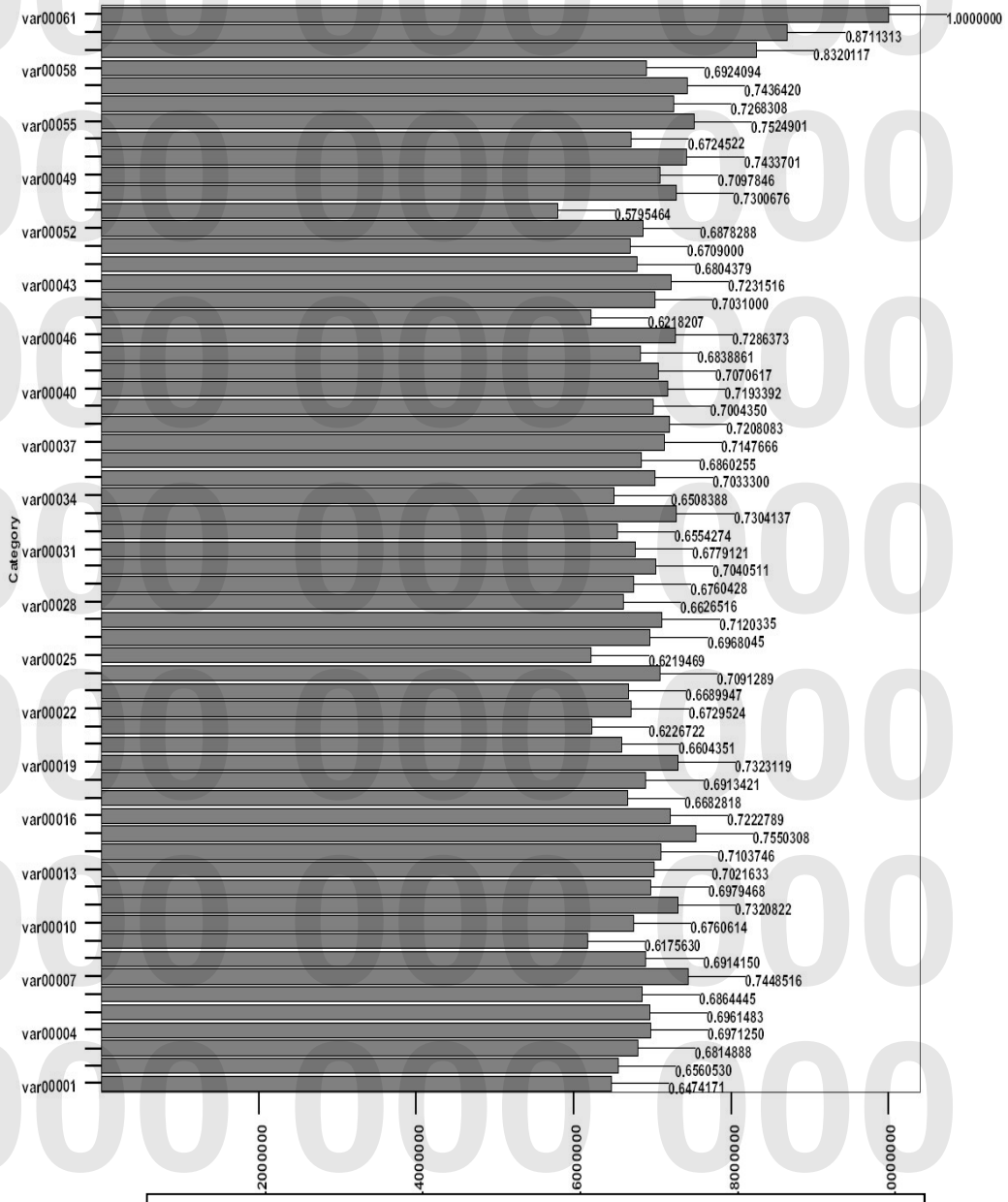


Fig. 9.3. Frecvenţa benzilor de ADN la populaţii de porumb

AFLP (Amplified Fragment Length Polimorphism) se bazează pe utilizarea enzimelor de restricţie urmată de amplificarea fragmentelor rezultate şi detectarea polimorfismelor lungimilor acestor fragmente. Metoda a fost elaborată la compania privată olandeză Keygene de Vos şi colaboratorii, în anul 1995.

O enzimă (de exemplu *Pst*I) "taie" ADN în fragmente cu dimensiuni mari (rare cutter) iar o alta (frequent cutter) va produce fragmente de dimensiuni mici (de exemplu *Mse*I) cu o medie a lungimii de 256 bp. Numai utilizarea enzimelor ce generează fragmente scurte ar determina apariţia unui număr mult prea mare de fragmente pentru elecroforeza în gel. O secvenţă de ADN specifică este legată la unul din capetele fragmentelor de ADN şi o alta la capătul celălalt. Aceste secvenţe, împreună cu locusurile de restricţie adiacente, servesc ca loc de ataşare pentru primerii PCR. Primerii sunt în aşa fel sintetizaţi pentru a putea identifica secvenţele adăugate.

Vor fi amplificate numai acele fragmente care provin din secţionarea ADN cu ambele tipuri de enzime (*rare* şi *frequent cutter*).

Sunt necesare trei etape de realizare – restricţia ADN şi ataşarea adaptorilor oligonucleici, preamplificarea şi amplificarea selectivă (C. Leonte, 2011), după care, în final, fragmentele de ADN astfel obţinute sunt supuse electroforezei în aparate complexe (ex. LiCOR sau Corbette) care vizualizează migraţia acestora (în funcţie de lungimea/greutatea moleculară a acestora), cu ajutorul fascicolelor laser. Imaginea obţinută astfel, poate fi salvată ca un fişier (tipul acestuia este în funcţie de software-ul utilizat) şi prelucrată ulterior cu programe dedicate acestui scop.

Metoda prezintă numeroase avantaje faţă de celelalte două metode prezentate anterior, fapt pentru care este frecvent utilizată. Reprezintă o combinaţie dintre metodele care utilizează enzime de restricţie (RFLP) şi cele bazate pe PCR (RAPD). Deşi, iniţial, s-a numit

AFLP pentru a "rima" cu RFLP, s-a dovedit ulterior că metoda presupune mai ales detectarea "prezenţei" sau "absenţei" fragmentelor de restricţie şi mai puţin a diferenţelor dintre lungimile lor.

Această metodă a fost aplicată cu succes într-un studiu realizat pe populații de porumb originare din Bucovina și Maramureș (Murariu D., şi colab., 2008).

Obiectivul principal al acestui studiu a fost determinarea variabilității genetice în cadrul a 21 de populații originare din Bucovina și Maramureș. Analizele moleculare au fost efectuate în Institutul de Ameliorare a Plantelor Radzikow, Polonia.

Prin folosirea acestei metode a fost posibilă analiza similarității genetice a populațiilor de porumb provenite din Bucovina și Maramureș. Din cele 21 de populații analizate, 2 probe originare din Bucovina au fost similare cu două populații din Maramureș.

Principalul avantaj al metodei este reprezentat de numărul mare de markeri ADN generaţi rapid şi într-o manieră reproductibilă (D.P. Simioniuc, 2009).

De obicei, pot fi observate între 50 şi 100 benzi pentru fiecare linie ceea ce permite elaborarea unor hărţi genetice cu o densitate mare şi într-un timp relativ scurt. De asemenea, la speciile cu un genom mare şi cu o rată redusă a polimorfismelor – cum ar fi orzul – se pot realiza hărţi genetice mult mai complexe (Becker J. şi colab., 1995). Nu este lipsit de interes nici faptul că nu necesită neapărat informaţii anterioare privind structura ADN. Metoda este utilizată pe scară largă la identificarea markerilor genetici legaţi de diferite gene ce determină rezistenţa la agenţi fitopatogeni (Thomas C. et all., 1995, Meksem K. şi colab., 1995, Schiemann A. şi colab., 1999 etc.) sau la stabilirea diversităţii genetice dintre diferiţi indivizi din cadrul unei populaţii sau între soiuri (Russel J.R. şi colab., 1997, Schut J.W. şi colab, 1997, Pejic I. şi colab., 1998, Hartl L. şi Seefelder S., 1998, Fuentes J. şi colab.,

1999, Abdalla A.M. şi colab., 2000, Garcia Mas şi colab., 2000, D.P. Simioniuc şi colab. 2002 etc.).

Această metodă are şi dezavantaje; este laboriosă şi necesită costuri ridicate.

9.6. Markeri moleculari bazați pe secvență specifică PCR

Abordarea alternativă a amplificării arbitrare PCR, constă în amplificarea regiunilor țintă ale genomului utilizând primeri specifici. În special, odată cu apariția tehnologiilor de secvențiere de mare capacitate, sunt disponibile multe informații despre secvențele de ADN ale multor specii de plante (Goff și colab., 2002, Yu și colab., Arabidopsis Genome Initiative 2000).

PCR – Polymerase Chain Reaction este o tehnică inventată de *Kary Mullis* în 1983, reprezintă amplificarea exponenţială a unui fragment sau a unor fragmente de ADN utilizând oligonucleotide, o polimerază termostabilă, cicluri repetate de denaturare-renaturare a ADN şi primeri pentru iniţierea şi extensia sintezei ADN *(Mullis K.B. şi Faloona F.A., 1987*). PCR permite amplificarea unei secvenţe specifice de ADN de milioane (10^6-10^9) de ori în numai câteva ore.

Pentru realizarea unei PCR este nevoie de o cantitate redusă de ADN ţintă precum şi de o soluţie tamponată care conţine în mod obligatoriu următoarele elemente: ADN polimerază (de exemplu *Taq*, *Pfu*), primeri (ce determină secvenţa de ADN care va fi amplificată), cele patru deoxinucleotide (dNTPs) și cofactorul $MgCl_2$.

ADN şi ingredientele sunt amestecate într-o minieprubetă (tub *Eppendorf* sau *Falcon*) şi apoi supuse unor cicluri (de replicare). Un ciclu conţine obligatoriu etapa de denaturare (94-96^{o}C), etapa de hibridare (40-60^{o}C) când primerul se ataşează prin legături de hidrogen pe porţiunile de ADN complementare şi etapa de elongare (72^{o}C) când

polimeraza termostabilă intră în activitate şi permite formarea catenei complementare, începând cu primerii. În 30 astfel de cicluri se pot obţine aproximativ un miliard de segmente identice.

Realizarea unei astfel de reacţii nu ar fi fost posibilă fară obţinerea a două elemente esenţiale:

1. ADN polimeraze termostabile care să nu fie degradate sau inactive la temperaturi ridicate, necesare denaturării ADN. Aceste polimeraze au fost identificate şi izolate din două microorganisme ce trăiesc în izvoare fierbinţi şi anume: *Thermus aquaticus*-*Taq* polimeraza şi *Pyrococcus furiosus – Pfu* polimeraza.

2. Conceperea şi construirea aparatelor programabile, numite termociclere, care să permită menţinerea la diferite temperaturi, perioade de timp prestabilite a probelor supuse amplificării.

Consideraţii generale asupra PCR:

- Metoda este foarte sensibilă la "contaminare" cu ADN "străin"; o cantitate cât de mică de ADN provenit de la alt individ poate compromite rezultatul analizei genetice;
- Amplificarea nespecifică poate constitui o problemă; acesta este posibilă datorită faptului ca polimeraza poate fi activă şi la temperaturi joase; evitarea acestui fenomen se face prin realizarea amestecului de reacţie într-un timp cât mai scurt şi la temperaturi cât mai scăzute posibil;
- Amplificarea este posibilă, foarte adesea, utilizând primeri "degeneraţi" care au fost "fabricaţi" pentru alte specii;
- Lungimea maximă a segmentelor amplificate este de aproximativ 5000 baze pentru PCR standard şi maximum 35 kb pentru kit-urile "Long PCR" (D.P. Simioniuc, 2002).

SSR (Simple Sequence Repeat) sau microsateliţii sunt secvenţe repetitive scurte de perechi de nucleotide (1-5), prezente în genomul tuturor eucariotelor (Tautz, R. şi Renz, M., 1984). Metoda permite identificarea de diferenţe între indivizi la nivelul unui singur locus.

Markerii SSR se deosebesc de cei RAPD prin aceea că la amplificarea ADN se utilizează primeri specifici, la care se cunoaşte structura şi banda care este amplificată. Acești primeri se marchează radioactiv (mai rar) sau fluorescent, şi este posibil să se facă amplificarea simultană cu mai mulți primeri (multiplex). De asemenea, programul de amplificare este diferit, temperatura de ataşare variind în funcţie de structura fiecărui primer. Metoda SSR utilizează aceeaşi logistică ca şi AFLP însă este mult mai simplu de realizat. Pe lângă posibilitatea utilizării sistemului de electroforeză în gel vertical mai poate fi utilizat un secvenţiator ADN. Prin utilizarea echipamentelor moderne (secvenţiator automat), metoda poate fi foarte uşor de aplicat dar este costisitoare (Wenz, H.M., şi colab. 1998).

Într-un studiu realizat de D. Simioniuc (2009) au fost analizate cu această metodă 117 cultivare de orz (65 cu şase rânduri şi 52 cu două rânduri). Au fost obţinute informaţii privind pedigree-ul cultivarelor respective care, în final s-au comparat cu rezultatele obţinute din dendrograma generată prin analiza imaginilor SSR (fig. 9.4.).

Foarte multe din informaţiile existente din analiza datelor pedigree-ului s-au confirmat prin acestă analiză SSR (Jutta Ahlemeyer şi colab., 2004, Simiomiuc D. şi colab., 2004). Concluzia este că, numărul de primeri SSR necesari pentru obţinerea unei dendrograme suficient de exacte trebuie să fie mai mare de 20, luând în considerare numărul mult mai mic de benzi polimorfice generate prin această metodă (D.P. Simioniuc, 2009).

Microsateliții sunt printre markerii genetici cei mai folosiți, datorită următoarele avantaje:

1. prezintă moștenire co-dominantă;
2. sunt foarte răspândiți în genom;
3. sunt extrem de sensibili, putând să detecteze o enormă extindere a diversității alelice;

4. sunt ușor de utilizat și foarte reproductibili,
5. diferiți microsateliți pot fi multiplexați în PCR fiind posibilă automatizarea.

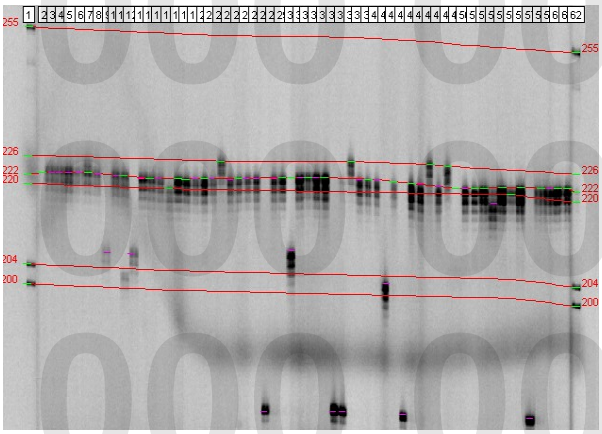


Fig. 9.4. Imagini SSR obţinute cu Primerul Bmac 40, la analiza unor cultivare de orz (*D.P. Simioniuc, 2009*)

Totuși, dezvoltarea microsateliților necesită cunoaștere preventivă și extinsă a secvențelor de ADN. Mai mult decât atât, uneori ele tind să subestimeze măsurătorile structurii genetice, de aceea au fost dezvoltate în primul rând pentru speciile agricole, și mai puțin pentru speciile sălbatice. Cu toate acestea, ele nu sunt libere de dezavantaje, deoarece:

1. necesită costuri ridicate;
2. alelele heterozigote pot fi confundate cu cele homozigote atunci când din cauza mutațiilor apar alele nule în locusurile de amplificare a primerului;
3. benzile gâtuite pot complica evaluarea corectă a polimorfismelor și chiar dacă markerii microsateliți sunt capabili să identifice biodiversitatea neutră, totuși nu oferă informații despre biodiversitatea trăsăturilor funcționale.

Principalii markeri moleculari bazați pe evaluarea variabilității generate de secvențele de microsateliți sunt: Sequence Tagged Microsatellite Site (STMSs), Simple Sequence Length Polymorphism (SSLPs), Single-Nucleotide Polymorphisms (SNPs), Sequence Characterized Amplified Region (SCARs), și Cleaved Amplified Polymorphic Sequences (CAPS). În plus, au apărut recent unii markeri noi ce sunt utilizați în evaluarea PGR; acestea includ matricea SNP de înaltă densitate, secvențierea întregului genom și codul de bare ADN.

În principiu, markerii microsateliți detectează un nivel ridicat de polimorfism și sunt utilizați în special în prezent pentru studiile de genetică a populațiilor datorită capacității lor de a analiza o populație la nivel individual, cât și a speciilor înrudite cu aceasta. Indicatorii microsateliți s-au dovedit utili pentru evaluarea variațiilor genetice în colecțiile de germoplasmă (Mohammadi și Prasanna 2003). Analiza tendințelor de repetare a SSR în genele cu funcții cunoscute a permis utilizarea tipologiei acestor markeri pentru studii de asociere cu variația fenotipică și funcția biologică (Ayers și colab., 1997). Mai multe studii au demonstrat utilitatea SSRs pentru estimarea relației genetice și pentru detectarea diversității funcționale în raport cu variația adaptivă (Eujayl și colab., 2001, Russell și colab., 2004). Microsateliții au fost aplicați cu succes și în studiile de cartografiere genetică (Hearne et al., 1992; Morgante și Olivieri 1993; Jarne și Lagoda 1996).

9.6.1. Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs)

Complicațiile găsite pentru a automatiza complet genotiparea microsatelitului și apariția tehnologiilor de secvențiere de ultimă generație (NGS) au reînnoit interesul comunității științifice într-un nou tip de marker denumit SNP. SNPs sunt cei mai abundenți markeri moleculari din genom și constau în variații singulare de nucleotide în secvența genomului. Polimorfismele SNP derivă din substituții singulare de nucleotide (tranziții / transversii) sau inserții /deleții cu o

singură nucleotidă. Acestea sunt dispersate pe scară largă în genomul cu o distribuție variabilă între specii și sunt, de obicei, mai răspândite în regiunile necodificate ale genomului, unde efectele lor sunt neutre. Cu toate acestea, atunci când un SNP apare în regiunile de codificare, acesta poate genera fie mutații sinonime care nu modifică secvența de aminoacizi, sau mutații nesinonime care au ca rezultat o schimbare a secvenței de aminoacizi (Sunyaev și colab., 1999). Mutațiile sinonime pot modifica despicarea ARNm generând diferențe fenotipice (Richard și Beckman 1995). Mai mult, un grup de loci SNP asociați, localizat pe o anumită regiune a cromozomului poate forma un haplotip SNP. SNP-urile, distribuite atât în regiunile codificate cât și în cele necodificate ale genomului, reprezintă factorii-cheie în procesul de variație genetică a populației și de evoluție a speciilor (Syvänen 2001).

Majoritatea analizelor de genotipare SNP se bazează pe: hibridarea specifică a alelelor, ligarea oligonucleotidelor, extensia primerului sau scindarea invazivă (și colab., 2005). Aceste tipuri de markeri pot fi detectați cu ușurință folosind tehnologia PCR tradițională și secvențierea, High Resolution Melting (HRM), matricea microcip și tehnologia fluorescenței. Aceste metode de genotipare sunt deosebit de atractive pentru performanțele ridicate ale datelor și pentru pretabilitatea lor la automatizare.

SNP-urile pot fi considerați markeri moleculari de generația a treia care vin după RFLP și SSR (Peter 2001). Până în prezent, markerii SNP nu sunt încă aplicați în mod curent în băncile de gene, în special datorită costurilor ridicate, chiar dacă s-au folosit cu succes pentru investigația variațiilor genetice între diferite specii (Brooks et al., 2010;). Dimpotrivă, analiza SNP a demonstrat că este deosebit de utilă pentru discriminarea cultivarului în culturile în care este dificil să se găsească polimorfisme. SNP-urile pot fi, de asemenea, utilizate pentru o gamă largă de scopuri, inclusiv structura populației, diferențierea genetică și construirea de hărți genetice cu densitate ultra-înaltă pentru

localizarea trăsăturilor relevante în genom. De exemplu, o hartă a legăturii de înaltă densitate dezvoltată la *Arabidopsis thaliana* a fost terminată numai după dezvoltarea markerilor SNP (Cho și colab., 1999). În plus, pentru analiza de asociere se poate utiliza dezechilibru de legare (LD) între SNP-uri diferite. Mai mult, SNP-urile pot produce informații despre diversitatea și evoluția populației (origini, diferențiere și migrații) prin haplotipuri SNP între diferite populații. În comparație cu markerii anteriori, SNP-urile prezintă următoarele avantaje:

- sunt puternic răspândiți în întregul genom;
- se caracterizează printr-o stabilitate genetică ridicată, o repetabilitate excelentă și o precizie ridicată;
- prin automatizare se pot realiza genotipări rapide de mare viteză;
- sunt co-dominante, fiind capabile să distingă alelele heterozigote de cele homozigote.

9.6.2. Markeri SNP și secvențierea întregului genom

Un dezavantaj al markerilor SNP constă în informațiile de nivel scăzut obținute cu privire la markerii microsateliți cu polimorfism ridicat. Dar acest inconvenient poate fi compensat prin folosirea unui număr mai mare de markeri (chips-uri SNP) pentru secvențierea întregului genom (Werner și colab., 2002, 2004). Datorită îmbunătățirii tehnologiei de secvențiere prin apariția secvențierii de mare capacitate a genomului/genelor s-a reușit detectarea și caracterizarea diversității genetice în rândul indivizilor. În prezent, aceasta poate fi considerată metoda prin care se obțin informații mai complete despre variațiile genetice în rândul populațiilor, putându-se detecta toate variațiile din genom. Cu toate acestea, chiar dacă pentru secvențierea întregului genom, este nevoie de platforme pentru analiza datelor, totuși datorită tehnologiilor de secvențiere de ultimă generație (NGS) au fost create programe statistice capabile să îmbunătățească și să cuantifice activitatea acestor marcheri. Înainte de apariția NGS, utilizarea tehnicilor SSR necesitau o muncă laborioasă consumatoare de timp

pentru construcția bibliotecilor genomice, plecând de la ADN-ul recombinant, cu izolarea și secvențierea consecutivă a clonelor care conțineau SSR-urile. Zalapa și colab. (2012) au demonstrat puterea NGS prin utilizarea SSR la plante, fiind folosite platformele Sanger, 454 și Illumina.

În anul 2018, cu ajutorul markerilor SNP, un grup de cercetători de la Institutul Național de Științe Biologice Cluj Napoca (Miclăuș M. și colab., 2018) au inițiat un studiu pentru genotiparea a 1200 de linii consangvinizate de porumb românești, având următoarele obiective:

- gruparea liniilor consangvinizate în grupuri heterotice;
- identificarea celor mai bune încrucișări între gupele heterotice în vederea obținerii celui mai ridicat nivel al heterozisului;
- descoperirea de alele rare.

9.7. Markeri bazați pe alte tipologii de ADN

ARN-ul Ribozomal (ARN) reprezintă un alt gen de genom nuclear și, datorită faptului că anumite regiuni ale ARNm sunt bine conservate în eucariote, a fost utilizat în mod extensiv pentru a studia diversitatea genetică. Genele ARNr sunt plasate pe locusurile cromozomiale specifice Nor și sunt organizate în repetiții tandem, care pot fi repetate până la mii de ori. O caracteristică particulară a ARNm, care ar putea explica aplicarea sa largă, constă în prezența unor regiuni care s-au conservat pe parcursul evoluției eucariotelor, furnizând instrumente genetice foarte folositoare și pentru alte regiuni numite "Transcriber Spacers Internal" (ITS) care sunt foarte variabile și, prin urmare, pot fi utilizate pentru detectarea polimorfismelor la nivel intraspecific.

Există și alte abordări, bazate pe detectarea secvențelor din organitele citoplasmatice. Datorită modului lor de transmitere uniparental, cloroplastele (cpDNA) și genomul mitocondrial (mtDNA) permit detectarea diferitelor modele de diferențiere genetică față de alelele nucleare (Provan și colab., 1999a, b). În consecință, în plus față

de markerii nucleari, s-au dezvoltat și alte tipuri de markeri bazați pe microsateliții din cloroplaste și mitocondrii. ADN-ul Cp moștenit la majoritatea plantelor, poate fi considerat un instrument suplimentar pentru analiza variațiilor genetice în cadrul speciilor (Ali et al., 1991, McCauley 1994) și s-a dovedit a fi un instrument puternic pentru studiile filogenetice. Datorită nivelului său bun de conservare în genom, CpDNA a fost utilizat pe scară largă pentru studierea populațiilor de plante prin utilizarea secvențelor PCR-RFLP și PCR (McCauley 1994), în detectarea hibridării/introgresiei (Bucci și colab., 1998), în analiza diversității genetice (Clark et al., 2000) și în obținerea filogenezei populațiilor de plante (Parducci și colab., 2001, Shaw și colab., 2005). Dimpotrivă, ADN-ul mitocondrial din plante, fiind în cantități reduse, nu este potrivit pentru studiul filogenezei și diversității genetice.

9.7.1. Markeri moleculari bazați pe ARN (RBMs)

Răspunsurile biologice și dezvoltarea controlată a organismelor sunt fenomene cruciale, de aici importanța deosebită a analizei mecanismelor care le controlează genetic. Acest lucru a dus la dezvoltarea markerilor derivați din regiunile transcrise /exprimate ale genomului. Cel mai mare avantaj al RBMs este faptul că fragmentele generate, derivate din regiunile exprimate ale genomului, pot fi ușor asociate cu trăsăturile fenotipice, devenind un instrument-cheie pentru studiile genetice de cartografiere a unor trăsături cantitative (QTL). Dimpotrivă, acești markeri ar trebui utilizați cu prudență în astfel de studii, care vizează detectarea variațiilor genetice în populațiile naturale, deoarece acestea pot fi selectate. Anticorpii bazați pe ARN, concepuți pe regiunile de codificare ale genomului, caracterizați printr-un nivel bun de conservare sunt, de asemenea, de așteptat să fie transferabili între speciile înrudite și genuri. Dintre tehnicile moleculare bazate pe PCR, polimorfismul ARN-ului mic (iSNAP) este cel mai recent și se bazează pe ARN-uri mici necodificatoare endogene constând din 20-24 nucleotide care sunt omniprezente în genomurile

eucariotelor, unde joacă roluri importante de reglementare, reprezentand o sursa excelentă pentru dezvoltarea markerilor moleculari. Această tehnică este reproductibilă și fezabilă pentru automatizare și a fost aplicată cu succes pentru cartografierea genomului și pentru genotipare. Cu toate acestea, un punct negativ este acela că bazându-se pe expresia unei porțiuni a genomului, ea ar putea fi afectată și de stadiul de dezvoltare al plantelor și de condițiile de mediu. Alte tehnici, cum ar fi cADN-SSCP, cDNA-AFLP, cDNA-RFLP și RAP-PCR sunt utilizate pentru studii de ARN, utilizând amplificarea selectivă a ADNc. Aceste tehnici sunt eficiente pentru identificarea transcripțiilor comune și rare și pentru studierea expresiei genice la nivelul genomului (Xiao et al., 2009) și pot fi de asemenea folosite pentru identificarea unor diferențe ce apar în exprimarea unor gene în condiții diferite de stress (Song et al. 2012). Mai mult decât atât, există o altă tehnică RBM cu markeri EST-SSR,caredatorită creșterii recente a disponibilității datelor EST, au fost dezvoltate în diferite specii de plante (La Rota și Sorrells 2004). Din punct de vedere tehnic, EST-SSR este identic cu microsateliții genomici comuni (gSSR) în termeni de amplificare și detectare, dar diferă în ceea ce privește dezvoltarea primerilor și locusurile primerilor care sunt generate din porțiunea transcrisă a genomului.

9.7.2. Markeri moleculari bazați pe elemente transpozabile

Elementele transpozabile (TE) sunt secvențe ADN mobile care își pot schimba pozițiile în genom. Pe baza mecanismului lor de excizie, TE pot fi împărțite în clasa I (retrotranspoziții), denumite în mod obișnuit elementele "copy-and-paste" și clasa II (transpozonii ADN) sau elementele "cut and paste" (Finnegan 1989). În particular, retrotranspozitele LTR sunt elemente înconjurate de repetări terminale lungi (LTR) care nu codifică pentru nici o proteină și conțin promotorii și terminatorii pentru transcriere. Aceste regiuni oferă baza pentru site-urile de legare a primerului, în numeroase tehnici. Retrotranspozitele

reprezintă o bază excelentă pentru dezvoltarea markerilor datorită dispersiei lor (Katsiotis și colab., 1996, Suoniemi și colab., 1996, Flavell și colab., 1992; Voytas și colab., 1992) și prevalența în genomii de plante; din acest motiv majoritatea markerilor bazați pe TE utilizează retrotranspozițiile de clasa I.

Chiar dacă inserțiile transpozonului pot fi dăunătoare pentru genomul gazdă, transpozonii sunt de fapt considerați esențiali pentru evoluția adaptativă favorizând rearanjarea genomului și dobândirea unor trăsături noi (Miller și colab., 1997, Agrawal și colab., 1998, May și Dellaporta 1998, Girard și Freeling 1999, Grey 2000). În ciuda contribuției lor majore la structura, mărimea și variația genomului, doar cele descoperite recent au fost luate în considerare pentru evaluarea diversității genetice (Gynheung et al., 2005) în cazul în care retrotranspozițiile pot fi utilizate singure sau în combinație cu alți markeri, cum ar fi AFLPs și SSRs. Analiza moleculară pe bază de retrotranspozon se bazează pe amplificare folosind un primer corespunzător retrotranspozonului și un primer care se potrivește cu o secțiune a genomului vecin. La acest tip de clasă de markeri moleculari aparțin următoarele tehnici : SequenceSpecific Amplified Polymorphism (S-SAP), Inter-Retrotransposon Amplified Polymorphism (IRAP), Retrotransposon-Microsatellite Amplified Polymorphism (REMAP), Retrotransposon-Based Amplified Polymorphism (RBIP), și în final, Transposable Display (TD).

9.8. Optimizarea analizelor bazate pe markeri moleculari: Multiplex PCR

Prin sistemul PCR multiplex, este posibil să se detecteze în mod simultan secvențe țintă multiple, folosind reacții de amplificare simultană (James et al., 2003). Multiplex PCR prezintă multe avantaje fiind mai sensibil, rapid și ușor de realizat. Tehnologia PCR multiplexă permite genotiparea markerului în avans, reducând costurile analizei,

sporind transferul informației și permițând automatizarea. Necesită o concentrație limitată a eșantionului, permite obținerea mai multor informații pe unitatea de timp și utilizarea protocoalelor standardizate, economisește reactivi, enzime, soluții tampon și muncă, analizează fluxul de date și are o toleranță ridicată la variația concentrației și calității probelor de ADN. Totuși reacțiile multiplex PCR necesită mai multe dispozitive, cum ar fi pentru uniformitatea abundenței produsului, în special pentru genotiparea simultană a SSR-urilor și a SNP-urilor și dimensiuni diferențiate ale fragmentelor de amplificare, obținute pentru a conecta o alelă specifică la markerul care o caracterizează. În special, amplificările multiplex determină o putere mare de discriminare într-un singur test și permit analiza în comun până la 10 loci genomici diferiți. Această tehnică a fost aplicată cu succes în genotiparea cu SNP de mare capacitate, deleții ale genei, mutații și analiză linkage.

9.9. Markeri ADN cu cod de bare

Odată cu apariția tehnologiilor computerizate, acestea au fost folosite pentru efectuarea de studii genetice, fiind dezvoltate pentru analiza unui număr din ce în ce mai mare de probe. Printre acestea, sistemul de coduri de bare cu ADN este un instrument automat de scanare care a fost aplicat de taxonomiști în clasificarea speciilor. În particular, un cod de bare ADN este o secvență de ADN scurtă derivată dintr-o regiune standardizată a genomului utilizat pentru identificarea speciilor. Codul de bare ADN permite screening-ul la scară largă a uneia sau mai multe gene de referință, pentru a încadra cât mai exact, un individ necunoscut la specia de care aparține, și pentru descoperirea unor noi specii (Hebert et al., 2003, Stoecklem 2003). În această perspectivă, sunt disponibile bibliotecile publice ale codurilor de bare ADN pentru speciile identificate (Tautz et al., 2002, Hebert și colab., 2004). În comparație cu clasificarea morfologică tradițională și ineficientă (Huang et al., 2007), codificarea ADN prezintă câteva avantaje, fiind foarte rapidă și cu o precizie de 97,9% (Hajibabaei et al.,

2006). Totuși această tehnică de codificare ADN, prezintă dezavantajul că fragmentele genomului sunt dificil de obținut și fiind conservate, nu prezintă suficiente variații.

9.10. Diversity Arrays Technology (DArT)

DArT este o tehnologie genotipică folosită pentru a depăși unele dintre limitările altor tehnici moleculare, cum ar fi RFLP, AFLP și SSR (Akbari și colab., 2006). DArT reprezintă o metodă alternativă rapidă și eficientă din punct de vedere al costului tehnicilor bazate pe hibridare, care caracterizează simultan câteva mii de loci într-un singur test. DArT a fost aplicat cu succes la genotiparea speciilor poliploide cu genomuri mari, cum ar fi grâul. Această tehnologie generează amprente digitale întregi prin marcarea prezenței/absenței fragmentelor de ADN în reprezentările genomice și acționează prin reducerea complexității unui eșantion de ADN pentru a obține o "reprezentare" a acelei probe. Tehnologia DArT constă în mai multe etape:

1. crearea bibliotecii;
2. micro-aranjarea („microarray”), bliotecilor pe slide-urile de sticlă;
3. hibridarea ADN-ului marcat cu fluor pe diapozitive;
4. scanarea diapozitivelor pentru semnalul de hibridare;
5. analiza.

Această metodă constă în folosirea unei combinații de enzime de digestie, restricție și ligare, urmată de amplificare chiar dacă poate fi utilizată o gamă infinită de metode alternative. Marcherii DArT pentru o specie nouă sunt produși prin screening-ul unei biblioteci care derivă dintr-o reprezentare genomică pregătită, pornind de la un grup de probe ADN care îmbracă diversitatea speciei respective. Datorită utilizării platformei „microarray”, toți markerii sunt marcați simultan, iar pentru fiecare metodă de reducere, o colecție independentă de markeri DArT poate fi asamblată pe o matrice DArT separată. Numărul de markeri care trebuie folosiți pentru analiza unei anumite specii este dependent

numai de nivelul variațiilor genetice din cadrul speciei (sau de grupul genetic) și de numărul de metode de reducere a complexității examinate. Tehnologia DArT a fost inițial dezvoltată în orez datorită genomului său mic (430 Mbp) (Jaccoud și colab., 2001) și ulterior a fost aplicată la alte câteva culturi. Până în prezent, DArT a fost aplicat cu succes pentru cartografierea genetică și analiza diversității genetice, la speciile caracterizate prin genomuri mari cum ar fi grâul și orzul (până la 16000 Mbp, genomul hexaploid de grâu).

9.11. Tehnologii de secvențiere de ultimă generație

În ultimul deceniu, apariția tehnologiilor NGS a determinat schimbări majore în toate disciplinele de genetică care depind de secvențele de ADN. Tehnologiile NGS au revoluționat și au mărit capacitățile secvențierii tradiționale Sanger (Sanger și colab., 1977), permițând secvențierea a milioane de baze într-o singură rundă, cu un cost foarete redus. Tehnicile NGS pot fi împărțite în trei tipuri principale:

1. secvențierea prin sinteză;
2. secvențierea prin ligare;
3. secvențierea unei singure molecule.

9.11.1. Secvențierea prin sinteză

Ca și secvențierea lui Sanger, tehnicile NGS utilizează emisia de chemiluminescență creată prin încorporarea nucleotidelor în timpul sintezei catenei ADN complementare prin ADN polimerază, pentru a determina compoziția de bază. În secvențierea prin sinteză, ADN-ul este fragmentat pentru a obține mărimea potrivită, ligat la secvențele de adaptor și apoi amplificat pentru a spori semnalul fluorescent sau chimic. Șabloanele sunt apoi separate și imobilizate în pregătirea pentru ciclurile fluxului celular. Printre tehnicile disponibile pentru secvențierea prin sinteză, cele mai utilizate sunt Illumina (http://www.illumina.com), Roche 454 pyrosequencing (http: // www.

My454.com) și Ion torrent (http: // www. iontorrent.com), care diferă de lungimea citită și de modul în care șabloanele sunt amplificate și imobilizate.

9.11.2. Secvențiere prin ligare

Această metodă se bazează pe utilizarea de sonde oligonucleotidice care diferă ca lungime și etichetare. Se folosesc etichete fluorescente în funcție de tipurile de nucleotide ce urmează a fi determinate (Landegren și colab., 1988). Șablonul ADN este fragmentat și pregătit cu o secvență scurtă, cunoscută de ancorare, care favorizează hibridarea probelor și, în consecință se adaugă ligaza ADN. Emisia fluorescentă este analizată pentru a determina ce sondă a fost încorporată. Acest proces este repetat cu diferite seturi de sonde pentru interogarea șablonului ADN și pentru evaluarea secvenței de nucleotide. Printre metodele bazate pe această tehnică cele mai utilizate sunt SOLiD (http://www.appliedbiosystems.com) și sistemul Polonator G.007.

9.11.3. Secvențierea cu o singură moleculă

Tehnica de secvențiere cu o singură moleculă (SMS), denumită și "secvențierea generației a treia", se bazează pe detectarea unui semnal chemiluminiscent produs de încorporarea nucleotidelor care are loc în timpul secvențierii ADN-ului de la o singură moleculă de acid nucleic. Această metodă oferă mai multe avantaje față de alte metode NGS deoarece poate utiliza material genetic degradat sau cu concentrații scăzute și scapă de erorile PCR datorită amplificării șablonului. În prezent, principalele tehnici bazate pe această metodă sunt Helicos Genetic Analysis System (http://www.helicosbio.com) și platforma PacBio RS SMS (http: //www.pacifi cbiosciences.com).

9.12. Concluzii și perspective

Ideea utilizării markerilor genetici pentru o varietate de scopuri în genetica aplicată, în strategiile de conservare și în evaluarea diversității genetice, nu este nouă. Cu toate acestea, până la apariția markerilor moleculari, multe dintre propuneri au fost imposibil de realizat din punct de vedere tehnic. Analiza moleculară a plantelor a găsit numeroase aplicații în ameliorarea plantelor, în gestionarea producției vegetale și în conservarea resurselor vegetale. Tehnicile moleculare au devenit factori cheie în gestionarea populațiilor de plante sălbatice care contribuie la conservarea biodiversității. Progresele dramatice recente în secvențierea ADN-ului oferă acum opțiuni rentabile pentru descoperirea unui număr foarte mare de markeri pentru orice specie de plante. Aceste evoluții, modifică semnificativ abordarea descoperirii și analizei markerilor în plante și extind foarte mult domeniul potențial de aplicare. Progresele realizate în biotehnologie au dus la o mare varietate de sisteme de markeri moleculari și oportunități sporite de automatizare a majorității tehnicilor, ceea ce a dus la o multitudine de informații. Mai mult, datorită dezvoltării tehnicilor de detectare, markerii moleculari sunt deosebit de utili în aplicațiile de diagnostic, cum ar fi screening-ul probelor pentru prezența sau încorporarea trăsăturilor favorabile, detectarea agenților patogeni și a bolilor în plante și screeningul materialului vegetal pentru prezența elementelor transgenice și împreună cu conceptul de selecție asistată prin markeri, oferă soluții noi pentru selectarea și menținerea genotipurilor dorite. Prin urmare, markerii moleculari fac, ca perspectiva să fie excelentă pentru o dezvoltare rapidă a unor noi metodologii pentru disecția diversității genetice a plantelor care să profite din plin de tehnicile moderne moleculare.

CAPITOLUL 10

ADAPTAREA, DIVERSITATEA ȘI UNIFORMITATEA GENETICĂ A PLANTELOR

10.1. Adaptarea organismelor vii

Adaptarea constituie cea mai importantă însușire a organismelor vii. Dacă nu ar exista adaptare, nu ar exista nici cel mai fascinant și important fenomen al naturii„evoluția”. Pentru evoluție, adaptarea este hotărâtoare.

Termenul de adaptare reprezintă fie un proces de transformări organice, fie rezultatul acestor transformări. Ținând seama de rolul și importanța adaptării în procesul continuu al evoluției, rezultă că adaptarea este un proces dinamic și activ, în care organismele vii suferă anumite transformări, ca rezultat a acestui proces.

După Enescu (1985), adaptarea este definită ca o combinație de caractere, procese metabolice și căi de dezvoltare, care asigură ca un organism să supraviețuiască într-o nișă dată. Ceapoiu (1988) definește adaptarea ca fiind acel proces de transformări structurale, funcționale și comportamentale, care au loc la nivelul organismelor, populațiilor sau speciilor, asigurându-le astfel supraviețuirea și reproducerea acestora în mediul în care trăiesc.

Adaptarea reprezintă una din însușirile fundamentale ale organismelor vii. Rolul decisiv al adaptării constă în ajustarea organismelor la factorii de mediu. Dar adaptarea nu poate determina perfecționarea organismelor, sau înlăturarea caracterelor nedorite ori dăunătoare.

În concepția darwinistă, acțiunea selecției naturale asupra oricărei populații este îndreptată atât asupra realizării unei adaptări

reușite, cât și în direcția păstrării diversității genetice, cea mai avantajoasă pentru individ. Poate fi apreciat un organism bine adaptat, cel care prin organizarea sa structurală și funcția reală avută este în stare să facă față tuturor condițiilor biotice și abiotice ale mediului înconjurător. O astfel de adaptare este considerată perfectă sau absolută. Sunt situații când organismele vii sunt confruntate cu influențe variabile, în raport cu cerințele acestora, în care caz însușirile pot să nu fie bine stabilite, ceea ce ar face să existe o „stabilitate relativă". În măsura în care influența factorilor externi se stabilizează, selecția începe să sorteze indivizii cei mai adaptați la noile condiții. Aceștia se înmulțesc în dauna celor mai puțin adaptați, făcând ca media populației să se deplaseze în direcția presiunii de selecție, până când se ajunge la adaptarea selectivă; selecția acționează în direcția adaptării, pe care o amplifică continuu, până ajunge la forma optimă posibilă. Reproducerea diferențiată sistematic datorită superiorității adaptive a indivizilor din populație, constituie în concepția lui Darwin ceea ce numim selecție naturală.

În concepția neodarwinistă modernă, un individ sau un grup de indivizi este mai bine adaptat la un anumit mediu de viață decât formele competitive alternative, numai dacă succesul său actual efectiv în reproducere este superior celorlalte forme din populație. Acest tip de adaptare poartă denumirea de adaptare realizată sau succes relativ în reproducere. Pe lângă acest tip de adaptare, există și tipul de adaptare așteptată, care înseamnă tendința sistematică spre reproducerea diferențială.

10.2. Adaptabilitatea sau capacitatea de adaptare a organismelor vii

Adaptabilitatea sau capacitatea de adaptare constă în aptitudinea unui organism viu, a populației sau speciei să se adapteze la condiții climatice și pedologice variate.

În general plantele ca și animalele, suportă dificil procesele de adaptare, întrucât ele trăiesc în condiții relativ înguste și omogene. Transferul lor din locurile de origine, în locuri noi, poate determina într-un timp mai scurt sau mai îndepărtat dispariția lor. Dar există și organisme cu o mare capacitate de adaptare; unele specii nu numai că ocupă habitate întinse, dar au capacitate de a se adapta la noi habitate deosebite de cele din locurile de origine, ele primind denumirea de specii colonizatoare.

Adaptarea constituie un proces biologic complex de lungă durată, care se realizează prin acumularea progresivă în fondul genetic al individului, populației sau speciei, a genelor cu valoare selectivă ridicată. Astfel se realizează schimbarea treptată a vechii structuri genetice și formarea unei noi structuri, care asigură populației și speciei, capacitatea de supraviețuire și reproducere în noile condiții de mediu. Acumularea genelor adaptive se exteriorizează prin dezvoltarea unor caractere fenotipice noi, care sporesc aptitudinea de colonizare și adaptare a indivizilor. Această situație se poate observa prin rezistența la condiții de mediu precare: frig, ger, arșiță, secetă, exces de umiditate, salinitate, flexibilitate fiziologică față de acești factori, potențialul de a suporta timp îndelungat lipsa de hrană, capacitatea mare de reproducere și abilitatea de a evita prădători, rezistența la boli și dăunători, etc.

10.3. Factorii genetici care influențează adaptarea

Adaptabilitatea este influențată de o serie de factori genetici precum: poliploidia, introgresiunea, recombinarea genetică intraspecifică, heterozigoția structurală, polimorfismul genetic, coadaptarea complexului de gene din populație, plasticitatea genotipică și fenotipică, (Ceapoiu, 1988).

Formele poliploide sunt superioare formelor diploide, fenomen identificat, prin studii efectuate de cercetătorii din Canada. Astfel de

diferențe au fost găsite la două populații de *Matricharia inodora* precum și la specia *Chrysantemum teuchanthemum* (ochiul boului)

Procesul de adaptare a formelor poliploide și ca urmare a posibilităților de răspândire se constată și la grâul comun (*Triticum aestivum ssp. vulgare)* care este un hexaploid (ABD) răspândit aproape în întreaga lume, în timp ce alacul (*Triticum monococcum), c*are este diploid se cultivă sporadic*,* numai în unele țări europene, inclusiv în România (Botnariuc și Vlădineanu, 1984).

Introgresia, constituie un al factor prin care populațiile sau speciile se pot adapta, ca urmare a îmbogățirii și diversificării hibrizilor rezultați prin introgresie. S-a stabilit că microspeciile din complexul *Elymus glaucus*, pot fi puse pe seama introgresiunii. *Poa pratensis* prezintă o largă adaptare, datorită introgresiunii cu alte specii de *Poa.*Porumbul de Corn Belt își are orginea în Dentatul sudic și Sticlosul nordic. În porumbul din Mexic și din America Centrală, s-a evidențiat într-o perioadă îndelungată de timp, introgresiune din germoplasma de *Tripsacum* prin intermediul speciei *Teosinte*. De asemenea, există dovezi a unei introgresiuni directe, tot într-o perioadă lungă de timp, a speciei *Tripsacum* în porumbul din Columbia și cel din America de Sud. Rolul celor două specii: *Tripsacum și Teosinte*, în evoluția porumbului este bine documentat. Implicarea hibridării interspecifice s-a identificat la mai multe specii: sfecla de zahăr, orez, trestie de zahăr, floarea soarelui, etc. Floarea soarelui din America de Nord, datorită procesului de adaptare, prin introgresiune și-a mărit răspândirea geografică și amplitudinea ecologică, prin absorbția variației genetice de la cel puțin șase specii de *Helianthus.* Așa se explică de ce *Helianthus annuus* are în prezent un fond genetic cu o bogată rezervă de gene.

Recombinarea genetică interspecifică, la plantele alogame a fost prezentată de Allard în anul 1965. Autogamia îndelungată are ca efect stabilizarea fenotipică și genotipică a plantelor și limitează apariția

variațiilor indispensabile în procesul adaptării. Cu toate acestea și la plantele autogame, datorită unor condiții ecologice schimbate, autogamia devine mai flexibilă, creându-se posibilități de polenizare străină. Ca urmare, are loc un schimb de gene între diferite biotipuri noi, superioare. Mai mult, pot avea loc încrucișări între populațiile aceleiași specii. Îmbogățirea populației cu noi genotipuri, lărgește sfera de variabilitate a acesteia, sporindu-i capacitatea de adaptare la condițiile de mediu ale populației. Îmbogățirea populației cu noi genotipuri, întărește capacitatea de adaptare a organismelor.

Polimorfismul genetic constituie un însemnat rezervor de gene, reprezentând o bogăție de variații ereditare discontinue, cu valoare selectivă ridicată, din care supergenele se transmit neschimbate, din generație în generație, sporind capacitatea de adaptare la unele populații (Ceapoiu, 1988).

10.4. Diversitatea adaptărilor

Poate că cea mai reușită „lucrare" asupra materiei vii este marea diversitate a formelor de adaptare. Diversitatea este atât de mare încât o prezentare și o analiză a formelor atât de variate și interesante, prin forma lor de exprimare nu ar fi fost posibilă, dacă nu ar fi existat posibilitatea grupării lor în jurul a trei tipuri principale de adaptare:

- Adaptarea morfologică;
- Adaptarea fiziologică;
- Adaptarea etologică sau comportamentală.

10.4.1. Adaptarea morfologică

Adaptările morfologice sunt cele mai des întâlnite și mai bine cunoscute. Dacă ne referim la regnul vegetal, adaptări importante au avut loc la higrofite, xerofite și mezofite.

Higrofitele- reprezintă acele plante care trăiesc în medii umede, dar nu suportă deficituri de apă mai importante și nu au însușirea de a se

adapta la seceta solului. În pădurile tropicale umede, higrofitelor le lipsește reglarea transpirației, stomatele fiind deschise permanent, iar intensitatea transpirației este egală cu evaporarea. Înafară de higrofitele de umbră, în zonele cu climă caldă sunt răspândite higrofitele fotofile, pe solurile saturate cu apă. În asemenea condiții, cresc și se dezvoltă orezul, palmierii de mlaștină, etc.

În zona continentală cu clima rece se întâlnesc higrofitele ierboase cu frunze subțiri (*Oxalis oxalia, Viola umbrosa*), reacționând la uscarea provizorie a aerului și solului, prin ofilire sau stagnarea creșterii, prin reducerea dimensiunilor sau prin declinul înmulțirii vegetative. Aceasta înseamnă o slabă capacitate de adaptare la modificările regimului apei. Rădăcinile lor găsindu-se într-un sol suprasaturat cu apă, sunt puțin ramificate și lipsite de perișori absorbanți. Frunzele, tulpinile și rădăcinile sunt străbătute de un sistem de spații intracelulare și de lacune de aer, ușurând aerarea rădăcinii.

Xerofitele- sunt acele plante care cresc în locuri uscate, au capacitate de adaptare la acțiunea nefavorabilă a secetei atmosferice și a secetei solului, datorită particularităților morfologice și fiziologice. Prin modul lor de viață, xerofitele reprezintă un tip opus higrofitelor. Ele sunt capabile să suporte temperaturile ridicate, rămânând în stare activă la secetele îndelungate. Predomină în zonele cu climă caldă și secetoasă.

Un alt tip de adaptare morfologică se găsește la latitudinile nordice și în zona de munte, unde solul are suficientă umiditate, din cauza temperaturilor joase; din punct de vedere fiziologic poate fi considerat un mediu uscat. Plantele adaptate la asemenea condiții se numesc ***criofite.*** Multe dintre acestea prezintă o organizare xeromorfică tipică. Arbuștii coniferi nordici: pinul, bradul, bradul alb siberian, cedrul siberian, ienupărul sunt specii xeromorfe. Xeromorfoza frunzelor la conifere este în relație directă cu particularitățile sistemului conducător, adică cu lipsa de vase, ceea ce îngreunează circulația apei prin tulpină și distribuirea ei către frunze. Structura xeromorfică a cetinei corespunde

cu condițiile ecologice din aceste zone, ea contribuind la micșorarea cantităților de apă pierdute prin frunze, în perioada când conținutul de umiditate este redus. Adaptările morfologice ale cetinii, cu frunze mici, cuticulă groasă, epidermă cu pereți groși, inflorescențe ceroase, contribuie la reducerea evapotranspirației. Asemenea tipuri de plante există în flora erbacee nordică și alpină: *Nardus stricta, Festuca alpina*, s.a.

Condițiile din tundră cu ierni aspre și lungi, cu zăpadă puțină cu primăveri scurte și răcoroase, cu stratul de sol mereu înghețat, care se află la câțiva centimetri sub suprafața solului, cu vânturi puternice, alcătuiesc un mediu ecologic, care obligă plantele la adaptări xeromorfice. Plantele din aceste zone, trebuie să fie adaptate nu numai la seceta fiziologică, dar și la temperaturi foarte scăzute. Adaptările morfologice se referă la talia mică a plantelor și a frunzelor și la dezvoltarea redusă a plantelor. Cele mai caracteristice **psihrofite** xeromorfe din tundră sunt unii arbuști cu numeroase frunze veșnic verzi, mici și tari și semi răsucite pe lungime. Mai sunt și alte forme de adaptare morfologică care confirmă adaptarea plantelor la condițiile ecologice din tundră.

Mezofitele **–** reprezintă acel grup de plante care ocupă o poziție intermediară între xerofite și higrofite. Tot într-o poziție intermediară se situează și atunci când ne referim la regimul termic și nutriția minerală. În această categorie sunt incluși arborii cu frunze lată, majoritatea speciilor de plante de pajiști, de pădure, buruienile de câmp, speciile de plante cultivate, plantele furajere, plantele medicinale, etc.

10.4.2. Adaptarea fiziologică

Adaptările fiziologice sunt importante pentru că ușurează funcționarea mecanismelor de reglare fiziologică, care nu numai că asigură și reproducerea care menține mărimea populației, la un nivel optim de funcționare. Un exemplu de acest tip de adaptare constă în nivelul presiunii osmotice a sucului celular. Este cunoscut faptul că

odată cu creșterea sau scăderea presiunii osmotice a sucului celular, scade sau respectiv crește, cantitatea de apă cedată de celule, și în consecință crește sau scade puterea lor de absorbție. Plantele higrofite având umiditate din abundență la dispoziție, au presiunea osmotică a sucului celular foarte redusă nefiind în dificultate în absorbția apei, chiar și atunci când solul este deosebit de uscat. Mai mult în perioadele excesiv de secetoase, organele aeriene ale unor plante xerofite, care folosesc apa depozitată în părțile îngroșate ale rădăcinilor, iar la alte xerofite (suculente) în perioadele când există apă, acestea înmagazinează în tulpină o mare cantitate de apă, pe care o vor folosi în perioadele de secetă extremă.

Presiunea osmotică a sucului celular la plantele mezofite, este mai mare decât la cele higrofite, însă mai redusă în comparație cu plantele xerofite.

10.4.3. Adaptarea etologică sau comportamentală

Adaptările de acest tip, în marea lor majoritate sunt reprezentate de regnul animal. Din acest motiv, în literatura de specialitate aproape toate exemplele date, se referă la animale, inclusiv la păsări. În consecință, vom prezenta și noi tipuri de adaptare, foarte expresive din aceste forme de adaptare. Din lumea păsărilor, pot fi date numeroase exemple, de adaptări bine realizate. Astfel pasărea colibri, atunci când colectează nectarul zboară pe loc, făcând mișcări foarte rapide ale aripilor, până la 70 de bătăi/secundă. Specia de cinteză (*Carduelis palidus*) din insulele Galapagos se hrănește cu larve din galeriile trunchiurilor arborilor. Neavând un cioc lung, ea scoate larvele cu ajutorul unui ghimpe de catus.

De asemenea, adaptările etologice se referă la semnalizarea dușmanilor, reacții de adaptare, împotriva acestora, îngrijirea, apărarea și educarea progeniturilor, căutarea partenerilor pentru împerechere, ritualurile nupțiale, delimitarea și apărarea teritoriului, căutarea hranei, etc. (Ceapoiu, 1988).

10.5. Adaptarea și evoluția organismelor vii

Dat fiind că adaptarea constituie un proces dinamic în care organismele vii se transformă, rezultă că procesul de adaptare, care presupune schimbări în structura genetică a organismelor, este un proces eminamente evolutiv. Faptul că adaptarea constituie un proces de transformări complexe în structura și funcțiile organismelor, în urma cărora pot crește și se reproduc, este o dovadă că nu se poate discuta despre evoluție, fără a avea în vedere diversitatea și adaptarea.

10.5.1. Posibilitățile de realizare a adaptării

Adaptarea se poate realiza prin mai multe posibilități, având în vedere modificările fenotipice, care presupun schimbări în structura genetică, homeostazie fiziologică, precum și prin alegerea habitatului și prin schimbarea constituției genetice. Adaptarea în sensul evoluției, este un proces care are la bază întotdeauna transformări în fondul genetic al organismelor. Din punctul de vedere al evoluției, trebuie să luăm în seamă atât plasticitatea genotipică cât și cea fenotipică. Plasticitatea genotipică constituie aptitudinea pe care o posedă un genotip, de a se transforma și a se adapta la condițiile schimbătoare de mediu, iar plasticitatea fenotipică este capacitatea unui organism de a-și menține funcțiile într-o gamă largă de condiții de mediu diferite.

Modificările genetice erau considerate ca aparținând fiziologiei dezvoltării, fiind neglijate din punct de vedere evoluționist. În prezent modificările somatice prezintă, o mare importanță pentru evoluție, dar numai cele cu caracter adaptiv, care sunt luate în considerare în câmpul de acțiune al selecției naturale, contribuind la promovarea însușirilor pe care le posedă. Toate modificările fenotipului, care avantajează, din punct devedere biologic, indivizii dintr-o populație, dezvoltând capacitatea de adaptare, ajută la evoluția populației și bineînțeles la creșterea diversității acesteia. De fapt trebuie să subliniem că, fără adaptare nu pot exista, nici diversitate genetică și nici evoluție.

Datorită mecanismelor homeostaziei genetice, populațiile au capacitatea de a crea și de a păstra o stare de adaptare favorabilă, un echilibru permanent, între fondul de gene și condițiile schimbătoare ale factorilor de mediu.

Populațiile eterogene au posibilități de adaptare superioară populațiilor omogene, alcătuite din indivizi homozigoți.

Pentru supraviețuirea unei populații este necesară prezența unui echilibru între fondul de gene și condițiile de mediu aflate în permanentă schimbare.

10.6. Uniformitatea genetică a organismelor vii și consecințele ei

Când baza genetică se îngustează organismele devin sensibile la atacul bolilor și dăunătorilor, precum și la stresul provocat de factorii de mediu distructivi. In acest sens merită evidențiată experiența a două specii de plante foarte importante pentru omenire, din a căror reacție în fața bolilor, au putut fi trase concluzii și învățăminte foarte utile pentru știință și pentru producția agricolă. A fost declanșată cu această ocazie o adevărată ofensivă împotriva uniformității genetice a culturilor, atât în plan academic, cât și în planul măsurilor practice de luptă împotriva uniformității genetice a culturilor, reevaluându-se și reactualizându-se rolul și importanța resurselor genetice vegetale, pentru asigurarea cultivarelor nou create cu un conținut genetic bogat și diversificat, și cu potențial de a contracara efectul atacului bolilor și dăunătorilor și a stresului provocat de factorii nefavorabili de mediu.

10.6.1. Uniformitatea genetică, cauza principală a atacului bolilor

Mana cartofului și sfâșierea frunzelor de porumb, reprezintă nu numai un dezastru în sine produs de două boli foarte agresive ale cartofului și porumbului, dar mai ales semnificația științifică și practică

ce se degajă din aceste două evenimente, care prin agresivitatea lor și potențialul ridicat de extindere a atacului, au pus în pericol asigurarea securității alimentare, având în vedere că aceste două culturi, ocupă un rol foarte important în producția mondială de alimente; fără a neglija și atacul altor boli, la alte culturi ce sunt aduse de om în aceiași stare de uniformitate. Iată de ce atacul bolilor și dezastrele petrecute, sensibilizează plantele uniforme genetic, generând o intensă îngrijorare atât în lumea specialiștilor, dar și a agricultorilor și consumatorilor de alimente, cu produse derivate din procesarea acestor culturi și a altor culturi aduse în aceiași situație. În consecință, s-a simțit nevoia, îndeosebi a specialiștilor de a identifica cauzele producerii acestor efecte periculoase, precum și măsurile tehnice și organizatorice ce trebuie luate.

Cercetările efectuate de specialiști cu notorietate în domeniu, au ajuns la constatarea că în cazul porumbului și a cartofului, precum și a altor culturi ajunse în aceiași situație, cauza principală a atacului bolilor respective, constă în uniformitatea genetică a culturilor, care a determinat sensibilizarea plantelor la atacul bolilor respective. S-a ajuns la concluzia că este greșită tendința amelioratorilor pentru crearea de cultivare genetic uniforme, recomandându-se în crearea de soiuri, utilizarea germoplasmei locale, în a cărei structură genetică sunt identificate gene sau complexe de gene, cu potențial de rezistență la atacul bolilor și dăunătorilor și a stresului provocat de factori nefavorabili, de mediu.

10.6.1.1. Mana cartofului (*Phytophtora infestans*)

Mana cartofului este cea mai periculoasă boală a cartofului. Pierderile de producție, la soiurile sensibile, sunt atât de mari încât se poate ajunge la compromiterea totală a culturii.

Măsurile de combatere a bolilor au în vedere atât mijloacele chimice, care sunt costisitoare, dar mai important este gradul de poluare,

fiind necesare mai multe tratamente chimice atât împotriva manei cât și a gândacului din Colorado, dar și măsurile biologice, prin crearea de soiuri rezistente, prin folosirea surselor de rezistență genetică pentru acești inamici naturali.

Mana este atât de periculoasă încât în zonele întinse de cultură, este aproape exclus ca în timp să nu fi suferit mai mult sau mai puțin din cauza atacului acestei boli.

Ce s-a petrecut în Irlanda, între 1845 și 1848, a devenit un caz de referință a ceea ce înseamnă o dramă provocată de uniformitatea genetică a unei culturi, de această dată fiind vorba de cultura cartofului.

Populația Irlandei, în mare măsură, în acea perioadă era dependentă de cartof atât pentru consumul propriu cât și în hrana animalelor. Până în 1870 irlandezii consumau zilnic câte 4 kg de tuberculi de cartof/persoană, dar luând în calcul și copii de toate vârstele, se presupune că adulții consumau zilnic 10-12 kg de tuberculi. În aceste condiții, asociate și cu alți factori, în conformitate cu analiza făcută de Academia Națională de Științe a SUA, ororile foametei irlandeze, apărute în acea perioadă s-au datorat atacului puternic de mană, favorizat de distrugerea culturilor de cartof în așa măsură încât nu s-a mai putut asigura nici măcar necesarul minim pentru supraviețuire.

Crist (1971) menționează că jumătate din populația irlandeză a murit efectiv de foame, iar un sfert a emigrat în SUA.

Nu același lucru s-a petrecut cu cultivatorii de cartof din Anzi, unde domesticirea cartofului a durat timp de 8000 de ani, perioadă suficientă ca populațiile locale de cartof să sufere un proces complex de adaptare, înțelegând prin acest proces, transformări genetice profunde, sub influența condițiilor de mediu și a omului. În contrast, cultivatorii de cartof irlandezi, foloseau pentru cartoful pentru sămânță și consum, tuberculi de cartofi aduși din Anglia, care la rândul lor proveneau din două eșantioane introduse în anul 1570 din America de Sud și din Spania

(Hawkes, 1979). Mana s-a răspândit în toată Irlanda, pentru că formele de cartof, proveneau din aceiași sursă de germoplasmă, sensibilă la mană.

În Anzi răspândirea s-a făcut cu dificultate și datorită pantelor abrupte și a văilor adânci, sinuoase, cultivate cu un mozaic de populații locale de cartof, cu un nivel de productivitate modest, dar sigur, asigurându-se astfel supraviețuirea și chiar mai mult.

10.6.1.2.Helminthosporioza porumbului (*Helminthosporium turcicum*)

„Sfâșierea frunzelor de porumb", provocată de ciuperca *Helminthosporium turcicum,* reprezintă una din cele mai periculoase boli ale porumbului, datorită răspândirii ei rapide și intense.

Pentru agricultura SUA și nu numai, porumbul ocupă un loc foarte important în economia țării. Atenția specială acordată acestei culturi se regăsește în investițiile mari, în dotarea agriculturii cu echipamente și utilaje, de mare capacitate, îndeosebi în lucrările de semănat și recoltat. De asemenea s-au făcut și se fac mari investiții în cercetarea agricolă, care a ajuns la un nivel foarte înalt.

Cu toate acestea și porumbul american a suferit pierderi mari de recoltă din cauza atacului bolilor și dăunătorilor. Astfel în anul 1970 porumbul a suferit un puternic atac al ciupercii *Helminthosporium turcicum*, agentul maladiei frunzelor de porumb care a provocat o pierdere de 15% din producția totală de porumb. Semințele proveneau din loturile de hibridare realizate pe baza androsterilității de tip Texas (rasa T).

La sfârșitul anilor '60 aproape întreaga sămânță de porumb din SUA se realiza pe baza hibrizilor, care aveau în structura lor linii consangvinizate masculine cu o singură formă de sterilitate, de tip nucleară. Hibrizii de porumb realizați până nu demult se obțineau prin suprimarea paniculelor liniilor consangvinizate folosite ca genitori

femeli, procedeu foarte costisitor și care necesită timp îndelungat pentru operare (Limosids, 1979). Din păcate hibrizii obținuți pe baza sterilității masculine de tip Texas prezentau o mare sensibilitate la atacul helminthosporiozei porumbului, boală care înainte de apariția rasei T, la sfârșitul anului 1960 nu provoca decât pierderi minore (Ulstrup, 1972). Helminthosporioza porumbului prin amploarea agresivă a bolii, a însemnat pentru lumea specialiștilor în domeniu, mai mult decât pierderile suferite în sine, obligând pentru prima dată specialiștii să tragă un puternic semnal de alarmă asupra importanței diversității genetice, în lupta pentru sănătatea plantelor. Mai mult decât atât boala prin pagubele mari provocate devine catalizatorul primei încercări organizate în lume, pentru a se acționa coordonat, în vederea conservării germoplasmei.

Sub aspect tehnic boala a scos în evidență a doua față a unei ciuperci vechi cunoscute încă din 1962, când a avut loc o epidemie a bolii în Filipine, care a compromis culturile de porumb din SUA și din Vestul Orientului Mijlociu, chiar până în Canada.

Deseori se fac comparații între ce s-a întâmplat cu atacul manei la cartof în Irlanda și cu atacul Helminthosporiozei la porumb, din care rezultă un lucru comun: gravitatea extraordinară a atacului bolilor plantelor, cu consecințele dezastroase ce decurg din ele. Dar cea mai importantă constatare care trebuie evidențiată este că lumea a început să conștientizeze valoarea diversității genetice în activitatea de identificare de gene utile procesului de ameliorare.

10.6.1.3. Cancerul citricilor (*Xanthomonas campestris)*

La sfârșitul anului 1984 bacteria responsabilă cu producerea cancerului citricilor și-a făcut apariția într-o pepinieră de citrice din Florida (SUA). În luna octombrie, același an, 3 milioane de butași au murit din cauza atacului bacteriei amintite mai sus, reprezentând o cincime din totalul arborilor de citrice din Florida (Sun, 1984). După analizele efectuate asupra patogenului s-a identificat o mutație virulentă

a bolii. Cercetându-se mijloacele de combatere s-a stabilit că singura soluție rămâne distrugerea totală a tuturor plantațiilor de citrice cu arbori infectați, reprezentând 20 de milioane de arbori, care s-a și realizat producându-se pierderi de milioane de dolari.

Cu toate acestea în anul 1985, au mai apărut câteva focare izolate de cancer la citrice, care au fost imediat lichidate.

În anul 1985 într-o pepinieră de portocale din Haviens City, din centrul Floridei s-au semnalat câteva focare de cancer, reprezentând trei milioane de arbori, care au fost imediat eliminați.

În decurs de doi ani (1984-1985) în Florida mai mult de nouă milioane de arbori de citrice au fost distruși prin ardere. De asemenea, datorită atacului acestei boli, trei pepiniere au fost închise.

10.7. Diversitatea genetică versus uniformitatea genetică

Problema diversității genetice a soiurilor în ultimul timp a căpătat o deosebită importanță, deoarece pe această cale se înlătură uniformitatea genetică a cărei consecință este reducerea producțiilor agricole.

Un caz de uniformitate genetică, cu urmări negative în producția agricolă s-a întâmplat și în țara noastră, în anul 1980, la orzul de toamnă. Până acum 40-50 de ani s-au cultivat un număr important de soiuri de orz de toamnă și anume: Cenad 345, Cenad 396, Cluj 230, Intensiv 1 și Intensiv 2. Aceste soiuri au fost atacate, în fiecare an, de helminthosporioza orzului (*Helminthosporium teres)*, dar în proporție redusă, astfel încât pierderile de recoltă nu au fost semnificative. În anul 1974 a fost introdus soiul Miraj, un soi foarte productiv, mult apreciat de cultivatori. Acesta s-a răspândit foarte repede în unitățile agricole, cultivatorii, practic eliminând din cultură celelalte soiuri de orz de toamnă. În anul 1980 soiul Miraj a ocupat 98% din suprafața ocupată cu

orz de toamnă. Dar tot în acest an, soiul respectiv a fost puternic atacat de *Helminthosporium teres*, ajungându-se la pierderi de producție de 50-60%, iar în unele zone chiar 70-80%. Trebuie recunoscut că în procesul de ameliorare nu s-a introdus în soiul Miraj gene pentru rezistență la *Helminthosporium teres,* considerându-se la momentul respectiv că această ciupercă nu este periculoasă pentru orz, în condițiile din România.

Din cele prezentate se desprinde concluzia că diversitatea genetică a soiurilor constituie un factor deosebit de important pentru protejarea culturilor de atacul patogenilor

10.7.1. Uniformitatea genetică, cauza vulnerabilizării culturilor în prezența factorilor biotici și abiotici de stres

Îngustarea bazei genetice a culturilor poate determina pierderea diversității genetice a acestora, cu influențe negative importante în diminuarea recoltelor.

Pot fi date numeroase exemple în acest sens; dar ne vom opri asupra celor întâmplate cu producătorii de grâu ucraineni, care înșelați de iernile relativ blânde, au extins în cultură soiul Bezostaia 1 dincolo de potențialul său de rezistență la temperaturi scăzute. Consecințele au fost dezastroase, plantele de grâu pierind din cauza gerului în anii cu temperaturi foarte scăzute (Fischbech, 1981).

Dar temperaturile foarte scăzute pot provoca apariția bolilor, începând cu cele de tip criptogamic. În anul 1979 mana tutunului (*Perenospora hyoscianus)* a provocat pierderi de 240 de milioane de dolari, cultivatorilor de tutun din estul SUA și Canada (Lucas, 1980). Temperaturile scăzute și umiditatea ridicată a aerului, a favorizat răspândirea rapidă a manei astfel că în 1980, această boală a pătruns în Cuba, distrugând 90% din recolta de tutun pentru țigarete. Fabricile din domeniu au fost închise temporar, iar 26.000 de muncitori au fost

obligați să plece în șomaj tehnic.

În timp ce mana producea adevărate dezastre în culturile de tutun din Cuba, Canada și SUA, o altă epidemie declanșată în Coreea de Sud în anul 1980, în culturile de orez (*Perycularia oryzae)* a obligat această țară să importe o mare cantitate de orez (Chang, 1984). Aceasta s-a datorat folosirii în cultură a unor soiuri de orez foarte productive, dar sensibile la temperaturi scăzute, având o bază genetică săracă.

În dorința și necesitatea creării unor cultivare mai productive amelioratorii au diminuat diversitatea genetică. Ironia sorții face ca însăși activitatea amelioratorilor să determine simplificarea bazei genetice a majorității culturilor. A ne dori întoarcerea la cultivarele vechi, tradiționale, pentru a beneficia de diversitatea genetică existentă în populațiile locale, nu poate fi o soluție rezonabilă, în condițiile în care lipsa de alimente, la nivel mondial, este foarte mare. Se pare că s-a ajuns la un punct fără întoarcere: modernizarea agriculturii și ameliorarea științifică a plantelor au devenit indisponibile, pentru dezvoltarea progresului în știința și producția agricolă, în vederea înfruntării celui mai mare flagel al zilelor noastre - foamea, în numeroase regiuni ale lumii, dar înlăturarea subnutriției nu poate avea loc în lipsa diversității genetice a plantelor.

Și în țara noastră s-au petrecut asemenea situații. Pe lângă cazul soiului de orz de toamnă Miraj, care în lipsa unor surse de rezistență la *Helminthosporium teres* a fsot scos din cultură, deși asigura până atunci, producții foarte ridicate. De asemenea, este cazul soiului de grâu Bezostaia 1, care a fost extins în perioada 1960 -1970, pe 90% din suprafața ocupată cu grâu, precum și a soiurilor Aurora și Caucaz, care în anul 1973, au determinat pierderi de recoltă de 45%, datorită atacului unor boli violente, ca rugina brună și făinarea; cauza fiind uniformizarea reacției la variația condițiilor de mediu. Pe baza acestor constatări, în perioada următoare s-au luat măsuri pentru contracararea acestor efecte

negative, prin diversificarea sortimentului de soiuri de grâu și orz.

Din aceste rezultate și constatări se desprinde concluzia importanței primordiale a diversității genetice a plantelor pentru contracararea fluctuațiilor de recoltă, cauzate de factorii climatici nefavorabili, atât de turbulenți în perioada actuală, când suntem sub presiunea factorilor climatici foarte agresivi și periculoși, generați de schimbările climatice, care în mod special, în ultimii ani și-au manifestat din plin efectele excesive de frecvență și periculozitate.

10.8. Schimbările climatice și adaptarea

În ultimele decenii cu deosebire după anul 2000, din punct de vedere climatic se constată existența unor fenomene meteorologice deosebite, manifestate prin devieri de la evoluția firească a vremii. Organizația mondială a meteorologiei apreciază anul 1996 ca al 18-lea an consecutiv cu temperaturi foarte ridicate. În al doilea Raport de Evaluare a Grupului de Experți pentru Studiul Schimbărilor Climatice (GIER) se menționează că „Pământul a intrat într-o perioadă de mobilitate climatică, susceptibilă să determine degradare economică, socială și de mediu, în cursul actualului secol”

Într-adevăr în ultima vreme, cu intensități și frecvențe diferite, fenomene meteorologice precum temparaturi excesiv de ridicate, inundații de mari proporții, asociate cu vânturi puternice sub formă de vijelie, tornade frecvente și deosebit de periculoase, uragane, taifunuri, etc. sunt tot mai dese pe Terra.

Analizându-se motivația acestor fenomene, s-a desprins concluzia că ele își au originea în procesul încălzirii globale, ca urmare a „efectului de seră”, datorită spargerii stratului de ozon de către gazele emanate de bioxid de carbon (80%), fluoro carbonați (5%) și metan(15%), Pământul reducându-și protecția față de razele fierbinți ale soarelui, care încălzesc suprafața terestră peste valorile normale. Dintre

aceste gaze principalul rol îl are bioxidul de carbon, care în ultima vreme, datorită arderii combustibililor fosili (petrol și cărbune) se produc cantități mari de gaze cu efect de seră, cu cât breșa în stratul de ozon este mai mare cu atât temperaturile de la suprafața terestră cresc mai mult.

Țările dezvoltate poartă responsabilitatea cea mai mare, pentru gazele cu efect de seră emanate. Procesul de industrializare început în secolul al XIX-lea, continuat puternic în deceniile ca au urmat, s-a datorat procesului de ardere a combustibililor fosili, care asigură 80% din necesarul total din energia mondială. În fiecare an emisiile cu CO_2 se ridică la peste 6 miliarde de tone, deși este cunoscut că această situație reprezintă o gravă amenințare pentru întreaga omenire, prin influența dăunătoare asupra climatului, datorită fenomenului poluării. Emisiile de CO_2 au fost multiplicate de 12 ori între 1900 și 2000, depășind 534 milioane de tone/an în anul 1900 și 654 milioane de tone/an în 1997.

10.8.1. Scurt istoric al evoluției schimbărilor climatice

Schimbările climatice au fost semnalate din punct de vedere teoretic încă de la începutul secolului al XX-lea. Mai târziu, în anul 1960, se constată o revenire în actualitate a acestui subiect, dar apreciat la acea dată doar ca o modă. Cercetările ce s-au făcut ulterior constată că amplificarea fenomenului încălzirii globale, trebuie căutat în activitatea umană, care în dorința creșterii consumului de bunuri materiale și spirituale, pentru ridicarea continuă a standardului de viață, folosește tot mai multă energie, provenită în cea mai mare parte din arderea combustibililor fosili (petrol și cărbune), cu consecințe directe în procesul încălzirii globale.

Încălzirea globală se află în atenția specialiștilor de peste 40-50 de ani, dar până în prezent, amploarea și consecințele ei asupra omenirii, nu au fost apreciate la justa valoare, existând ideea că fenomenul în sine

se va produce treptat și în mod lent, ceea ce va oferi omenirii timpul necesar pentru luarea măsurilor de stopare a fenomenului. Dar cum evoluează evenimentele climatice extreme din ultimul timp, dovedește că această gândire a fost greșită, permițând înrăutățirea efectelor încălzirii globale.

10.8.2. „Efectul de seră" și schimbările climatice

„Efectul de seră" descoperit de Joseph Fourier în anul 1924 reprezintă efectul încălzirii globale, datorită radiațiilor emise în atmosferă de către factorii poluanți. În cazul atmosferei, efectul de seră contribuie la încălzirea suficientă a Pământului, permițând creșterea și dezvoltarea plantelor, care înafară de lumină, au nevoie și de căldură.

La originea efectului de seră sunt vaporii de apă, bioxidul de carbon și metanul.

În ultimele decenii în atmosferă au fost emise cantități mari din aceste gaze, care au diminuat permiabilitatea atmosferei pentru radiațiile calorice reflectate de Pământ spre spațiul cosmic, ducând la ceia ce numim astăzi „încălzire globală".

Gazul carbonic, cel mai important din ciclul carbonului este inofensiv, el ducând carbonul sub formă de vapori de apă necesar în procesul fotosintezei și lasă să treacă undele scurte ale Pământului, care determină reîncălzirea aerului, adică „efectul de seră".

Creșterea mondială a consumului de petrol și cărbune a dus la sporirea substanțială a bioxidului de carbon. Efectul de seră ce rezultă din această creștere a CO_2 permite energiei solare să pătrundă în atmosferă, dar reduce emisia gazelor infraroșii la nivelul Pământului, influențând încălzirea atmosferei, fenomen ce afectează climatul global al acesteia, foarte bogat în CO_2, așa cum se întâmplă pe planeta Venus unde determină creșterea temperaturii până la 70^0C. Poluanții principali care se găsesc la originea efectului de seră și care în mare măsură sunt

emanați de autovehicole, sunt bioxidul de carbon, oxidul de azot și metanul, alături de alți compuși chimici produși de industrie.

Căldura planetei este menținută în atmosferă în același mod în care efectul de seră, păstrează căldura într-un spațiu închis, cu pereți de sticlă, oprind evaporarea. Prin modul cum oamenii își desfășoară viața, tulbură procesele naturale care acționează în acest mod de milioane de ani, ducând la o stare deosebită a Planetei, la un climat mai cald.

În situația când Pământul ar fi înconjurat de o pătură de aer, ar fi mult prea rece pentru om. Bioxidul de carbon și alte gaze din atmosferă, ajung la suprafața Terrei, o parte din lumină este reflectată, iar altă parte este absorbită, încălzind suprafața Pământului și care ulterior radiază sub formă de infraroșii, unde cantități reduse de CO_2 reține aceste radiații.

Emiterea în atmosferă a gazelor poluante, bioxid de carbon 59%, metan 18% oxid de azot 6% și ozon de suprafață 12%, determină deteriorarea echilibrului natural al Planetei și în final la încălzirea globală. Cea mai importantă influență a încălzirii globale asupra Pământului, o constituie schimbările climatice, care au devenit cea mai mare provocare pentru omenire.

10.8.3. Consecințele încălzirii globale

Deși asupra nivelului încălzirii suprafeței Pământului între specialiști nu există un consens deplin, asupra schimbărilor climatice în sine, datorită fenomenelor meteorologice extreme consemnate îndeosebi în ultima vreme, cu anumite rezerve, se recunoaște existența schimbărilor climatice.

Există posibilitatea ca în timpul secolului nostru, temperaturile de la suprafața Pământului să crească cu 1^0C-4^0C, suficiente să producă mari dezechilibre ecologice și sociale. Experții pentru evoluția climei prevăd ca până în anul 2080, 60% din populația lumii să intre în penurie alimentară și de apă potabilă. O creștere medie de numai 2^0C ar putea

avea un efect pozitiv asupra producției agricole la latitudini nordice, însă ghețarii din Munții Alpi vor începe să se topească iar apa Oceanului Atlantic va crește cu 20-60 cm în anul 2100. Același grup de experți discută de un miliard de potențiali refugiați până în anul 2050 din cauza condițiilor climatice extreme. Față de 163 de milioane de persoane refugiate de-a lungul secolului XX din cauza conflictelor armate; inundațiile, seceta și foametea, produse de efectul schimbărilor climatice extreme, vor genera mai mulți refugiați decât din cauza războaielor. La nivelul anului 2080 vor exista între 1,21 și 3,2 de miliarde de oameni care vor suferi de subnutriție.

Cauza acestor situații se va regăsi în temperaturile foarte ridicate, care în asociere cu alți factori climatici, vor transforma în deșert numeroase suprafețe agricole. Cei mai mulți refugiați vor fi din Columbia, Mali și Birmania.

Aceste previziuni sunt apreciate diferit de oamenii de știință, unii le consideră exagerate, până la apocalipsă, alții le consideră oarecum exagerate, iar alții pur și simplu le contestă, considerându-le nerealiste și alarmante, elaborate din interese strict economice, care nu au nimic adevăr în ele. În prezent datorită creșterii gradului de expertiză în domeniu, a dotării cu aparatură de măsurare a factorilor meteorologici, etc. se pătrunde mai adânc în cunoașterea fenomenelor meteorologice, încât calitatea prognozelor a crescut simțitor, astfel că la ora actuală nimeni de bună credință nu poate nega existența fenomenelor schimbărilor climatice, mai ales că într-un fel sau altul, aproape întreg Mapamondul a fost și esteîn fața situației să trăiască pe propria-i piele, efectele factorilor climatici extremi. Este de așteptat ca în condițiile schimbărilor climatice, pe lângă suferințele oamenilor să existe o puternică presiune și asupra resurselor genetice vegetale și animale, prin pierderea irecuperabilă a numeroase specii, prin

distrugerea sau degradarea numeroaselor ecosisteme naturale și prin transformarea unor terenuri agricole în terenuri aride și deșertice.

10.8.4. Schimbările climatice în România și factorii climatici implicați

Și țara noastră este afectată de schimbările climatice, ușor de observat în ultimele decenii, concretizându-se prin secete prelungite și intense, inundații de mari proporții, furtuni puternice, care la rafale au depășit 100 km/h, tornade în unele localități, anomalii termice, care pun sub semnul întrebării evoluția normală a anotimpurilor, sub aspect climatic.

Studiile făcute de Agenția Națională de Meteorologie, folosind datele de la 14 stații meteorologice, pe perioada 1901-2000 au evidențiat o încălzire medie pe țară de $0,3^0$C, mai pronunțate în partea estică a țării cu $0,8^0$C, la stațiile București Filaret, Constanța și Roman, unde valorile încălzirii au fost semnificative din punct de vedere statistic.

În regiunea intra-carpatică încălzirea este nesemnificativă, cu excepția stației de la Baia Mare, unde o încălzire de $0,7^0$C arată influența antropogenă indusă de activitatea industrială din zonă, asupra regimului termic.

Din punct de vedere pluviometric s-a remarcat o tendință de scădere a cantităților anuale de precipitații, mai pronunțate în centrul țării, cu creșteri ușoare în nord-est și în unele regiuni din sud.

10.8.4.1. Valori extreme ale temperaturilor

Temperaturi extreme în țara noastră cresc de la vest spre est, de pe culmile muntoase către regiunile de câmpie. La altitudinea de peste 2500 m, temperatura nu a depășit până în prezent 22^0C, în timp ce în zona Banat - Crișana au fost înregistrate temperaturi de peste 40^0C, 22^0C în august 1952 la Teremia Mare, 40^0C în Podișul Moldovei, peste

42^0C în Câmpia Română, $42,4^0$C în 18 august 1952 la Alexandria și 44^0C în 10 august 1951 la Amara.

Temperatura maximă la noi în țară a fost de $44,5^0$C în Loc. Ion Sion, în apropiere de Brăila, la 10 august 1951. Recordul de temperatură de 44^0C, s-a înregistrat, în ziua de 26 iulie 2007 la Calafat, fiind prima zi din istoria măsurătorilor meteorologice, când autoritățile statului român au lansat avertizarea de „cod roșu". Recordul anterior pentru această lună s-a înregistrat în anul 2000 cu $43,5^0$C, la Roșiorii de Vede.

Datele meterologice arată că anul 2007 poate fi considerat cel mai expresiv în ceea ce privește efectele schimbărilor climatice. Dar analizând datele meteorologice din anul 2005 și 2006, se poate constatata că și în acești ani au avut loc fenomene meteorologice excesive, nedepășind valorile factorilor meteorologici ai anului 2007.

În România de când se fac măsurători meteorologice ale temperaturii aerului în condiții standardizate, în luna iulie, au fost înregistrate 220 de cazuri, cu temperatura maximă mai mare sau egală cu 40^0C. Aceste valori au fost înregistrate în sudul și estul țării, în special după anul 1985. Cele mai frecvente situații au fost semnalate la Turnu Măgurele (de 16 ori) Roșiorii de Vede (de 14 ori), Giurgiu (de 13 ori), Bechet și Zimnicea (de 10 ori), Călărași (de 9 ori) și București Filaret (de 8 ori).

Datele meteorologice din anul 2007 coroborate cu cele din anii anteriori dovedesc schimbări importante în expresivitatea factorilor climatici, generând producerea unor dezechilibre naturale a căror efecte distructive au fost din plin, simțite de români.

Foto 10.1. Secetă puternică în iulie 2007, în sudul țării

Într-un timp foarte scurt, de numai trei ani (2005, 2006 și 2007) au fost înregistrate două evenimente climatice extreme: inundații catastrofale în anul 2005 și secetă excesivă, în 2007 ambele fenomene extreme, au produs mari pagube materiale și de vieți omenești

Foto 10.2. Inundații în Maramureș (Județul Sălaj) în anul 2015

Temperaturile minime absolute înregistrate, de-a lungul timpului în România sunt prezentate în tabelul 10.1.

Tabelul 10.1.

Valori minime absolute de temperatură la stațiile meteorologicedin România

Luna	**Ianuarie**	**Februarie**	**Martie**	**Aprilie**	**Mai**	**Iunie**
Valoarea	-38,5	-38,0	-31,4	-24,0	-16,0	-12,0
Ziua/Anul	25/1942	10/1929	09/1952	15/1940	14-15/1940	06/1939
Stația	Bod	Vf. Omu	Întors. Buzăului	Vf.Omu	Vf. Omu	Vf. Omu
Luna	**iulie**	**August**	**Septembrie**	**Octombrie**	**Noiembrie**	**Decembrie**
Valoarea	-8,0	-7,0	-15,0	-21,3	-30,8	-34,5
Ziua/Anul	06/1933	20/1949	18/1935	27/1988	30/1957	25/1998
Stația	Vf. Omu	Vf. Omu	Vf. Omu	Vf. Omu	Vf. Omu	Vf. Omu

Foto 10.3. Căderi masive de grindină, Loc. Săgeata, Jud. Buzău (2019)

Toate aceste date și informații asociate și cu dezvoltarea activității și a altor factori climatici extremi, vânturile puternice de peste 100 km/h, poluarea, distrugerea și degradarea numeroaselor obiective de infrastructură, incendiile, pierderea de vieți omenești, etc. alcătuiesc

un tablou trist generat de factorii climatici excesivi, cu deosebire după anul 2000.

Foto 10.3. Tornadă în loc Drajna, jud. Călărași (30 aprilie 2019)

10.9. Resursele genetice vegetale și schimbările climatice

Chiar dacă schimbările climatice nu ar avea loc, cu toate acestea, resurse genetice valoroase vor fi mereu necesare, ținând cont pe de o parte de creșterea excesivă a populației iar pe de altă parte, pentru a avea soluții de combatere a bolilor și dăunătorilor, care sub diferite forme se înmulțesc și distrug culturile. Dar cum schimbările climatice au devenit iminente, descoperirea și valorificarea resurselor genetice devine o problemă de existență.

Cu oarecare aproximație sensurile schimbărilor climatice sunt cunoscute. Se știe că temperaturile vor crește; că secetele intense și frecvente vor avea loc; că vânturile sub diferite forme de violență, vor acționa; că precipitațiile abundente asociate cu inundații extinse se vor

semnala; că nivelul apelor va crește prin aportul precipitațiilor și prin topirea calotei glaciare și a ghețarilor de pe munți; că vegetația va suferi, fie de prea multă căldură, fie de prea multă umezeală; că aridizarea și deșertificarea solurilor, în unele regiuni vor fi inevitabile, că mișcările sociale provocate de schimbările climatice vor fi iminente.

Mai mult sau mai puțin, toate zonele ecologice vor fi afectate, unele din cauza temperaturilor excesive, altele din cauza ploilor, respectiv a inundațiilor sau a vânturilor violente.

În acest context, pozitiv este faptul că societatea noastră a început să înțeleagă existența încălzirii globale, precum și factorii climatici excesivi, generatori ai efectului de seră.

10.9.1. Adaptarea şi schimbările climatice

Adaptarea constituie una din însuşirile importante ale vieții, ea fiind o reacţie complexă, influenţată de anumiți factori, atât asupra indivizilor, cât şi asupra populaţiei, cuprinzând comportamentul morfologic, fiziologic, biochimic, sistemul de împerechere, precum şi structura cromozomilor, într-o asemenea măsură, încât toate acestea luate la un loc, determină ca o populaţie să fie mai bine adaptată decât alta.

Factorii climatici vor deveni mai violenți și mai frecvenți, acționând cu mai multă intensitate, asupra plantelor, încât cele ce vor rezista presiunii factorilor de mediu excesivi își vor continua procesul evolutiv, iar cele ce nu vor rezista, vor pieri.

În lupta cu factorii climatici turbulenți, resursele genetice, pot avea o contribuție importantă, prin diversitatea genetică a acestora, existând șansa identificării unor gene valoroase în lupta cu factorii climatici excesivi.

Pentru ca plantele să se poată adapta, fie că este vorba de speciile sălbatice, fie de plantele de cultură, variația genetică este esențială pentru procesul adaptării. Adaptarea nu poate avea loc fără variabilitate genetică și majoritatea variației implicate este de ordin cantitativ.

Reușita adaptării depinde de valoarea și natura genelor care concură la acest proces. Este puțin probabil ca însușiri adaptive importante pot fi atribuite unei singure gene sau unui grup restrâns de gene. Adaptarea la diferite niveluri ale solului, sau la ionii toxici, deși anterior a fost apreciată ca fiind controlată de o singură genă sau de un grup mic de gene, în prezent părerea a fost reconsiderată, fiind stabilită o determinare poligenică.

Adaptarea la factorii climatici care determină încălzirea globală implică trăsături foarte complexe. Vor fi implicate reacții nu numai de natură fotoperiodică și de temperatură, ci și reacții fiziologice și morfologice în schimbările intervenite în regimul de umiditate al solului precum și reacții de respirație, reacții fotosintetice la lumină și la niveluri diferite de temperatură. Vor fi de asemenea implicate reacții de ajustări interne de coadaptare ale genotipurilor. Acumularea complexelor de modificatori poligenici ar putea impune un caracter cantitativ peste efectele oligogenice de bază, cum se întâmplă în cazul variației cvazi-continue descrise de Cooper (1963).

Interacțiunea dintre genotip și mediu, în fiecare etapă succesivă a ciclului individual de viață, trebuie să fie de asemenea considerat ca un aspect important al interacțiunilor dintre populație și mediu, care concură la adaptarea ecotipurilor și raselor, atât la populațiile naturale cât și la cele cultivate. Se desprinde de aici ideia, că în adaptarea organismelor la schimbările climatice, nu caracterele omogene sunt hotărâtoare, ci grupuri întregi de caractere, afectând genotipul la diverse niveluri și în diferite moduri, contribuind astfel la finalitatea adaptării.

10.9.2. Adaptarea populațiilor în condițiile schimbărilor climatice

Datorită faptului că populațiile de plante și animale trăiesc în condiții de mediu relativ omogene, ele suportă cu dificultate procesul adaptării. Din această cauză când ajung în noi amplasamente, sau când

trebuie să suporte efectele schimbărilor climatice, fie că suportă greu procesele de adaptare, fie nu le suportă, trebuind să dispară. Dar adaptarea trebuie să se producă și în cazul prezenței efectelor schimbărilor climatice. Cercetările și studiile efectuate de specialiști au prefigurat regiunile de pe Terra care vor suferi schimbări lineare, precum și natura acestor schimbări.

În funcție de potențialul fiecărei specii, de abilitățile de transformare genetică, în raport de condițiile climatice, de capacitatea de adaptare, speciile reacționează diferit la procesul adaptării. Majoritatea plantelor, au un potențial limitat de adaptabilitate. Acestea nu numai că nu pot ocupa spații largi dar se pot adapta cu destulă ușurință la alte condiții de viață decât cele caracteristice locului de origine. Este cazul unor specii europene care duse în Canada s-au adaptat la condițiile ecologice din diferite zone ale Canadei.

Punguliţa (*Thlaspi arvense*), linariţa (*Linaria vulgaris)* şi loboda (*Chenopodium album*) se întâlnesc în toate zonele naturale din Canada, iar traista ciobanului (*Capsela bursa pastoris)* a ajuns până la paralela 65^0. Pălămida (*Cirsium arvense),* sunătoarea (*Hypericum intybus*) și cicoarea sălbatică (*Cichorium intybus*) se găsesc ca buruieni în zonele agricole din estul Canadei, precum și în Columbia.

Toate aceste exemple dovedesc capacitatea unor specii de a se adapta în condiții ecologice și climatice cu totul diferite, chiar dacă în general abilitățile de adaptare a speciilor sunt destul de reduse.

Se impune ca cercetătorii să cunoască reacțiile plantelor la diferitele condiții climatice, experimentele pot fi realizate în condiții climatizate, unde se pot crea condiții de temperatură și umiditate în conformitate cu planul de cercetare stabilit. Studiind plantele în asemenea condiții există posibilitatea cunoașterii cerințelor plantelor într-o mare varietate de condiții ecologice.

Adaptarea fiind un proces de lungă durată, se realizează prin acumularea progresivă în constelația de gene a individului, a populației sau a speciei, a genelor cu valoare selectivă ridicată, proces care duce treptat la schimbarea vechii structuri genetice a acestora și formarea unei noi structuri care imprimă populației și speciei capacitatea de supraviețuire și reproducere, în noua zonă ecologică. Acumularea genelor adaptive se exteriorizează prin apariția unor însușiri fenotipice noi, care sporesc aptitudinea de adaptare a indivizilor, dintre care un rol important îl joacă factorii climatici implicați în schimbările climatice: temperaturi excesive, secetă, exces de umiditate, insolație puternică, soluri cu un conținut diferit în elemente nutritive, etc. Este important să se cunoască flexibilitatea fiziologică față de variațiile mari ale acestor factori.

CAPITOLUL 11

CONSERVAREA *IN SITU ȘI EX SITU* A RESURSELOR GENETICE VEGETALE, MĂSURI IMPERATIVE PENTRU REDUCEREA EROZIUNII GENETICE A PLANTELOR

11.1. Protejarea speciilor înainte ca ele să dispară

Orice calamitate naturală - secetă, incendiu, inundație sau o boală nouă - poate determina mari schimbări genetice și fenotipice.Toate ființele vii pot fi ușor diferite între ele. În timp ce unii indivizi vor pieri, vor exista alți indivizi care vor avea anumite gene sau caracteristici care îi vor ajuta să supraviețuiască unei calamități. Această variabilitate, cunoscută și sub denumirea de diversitate biologică, reprezintă un mecanism de apărare esențial pentru supraviețuirea naturii.

Biodiversitatea sau diversitatea biologică se referă la variabilitatea organismelor vii din toate sursele, inclusiv a ecosistemelor terestre, marine și a altor ecosisteme acvatice și a complexelor ecologice din care fac parte;aceasta incluzând diversitatea în cadrul speciilor, între specii și între ecosisteme.

Nu se cunoaște exact câte specii există pe pământ.Cu toate acestea, estimările variază între 3 și 100 de milioane. Există 1.435.662 de specii identificate în întreaga lume.Un număr mare de specii trebuie încă identificate.Speciile identificate includ 751.000 de specii de insecte, 250.000 de plante cu flori, 281.000 de animale, 68.000 de

ciuperci, 30.000 de eucariote unicelulare, 26.900 de alge, 4.800 de bacterii și alte forme similare precum și 1.000 de viruși.

Dispariția ecosistemelor duce la pierderea habitatului pentru mai multe specii.Aproximativ 27.000 de specii dispar în fiecare an.Majoritatea acestora sunt mici organisme tropicale. Dispariția speciilor duce la distrugerea ecosistemelor fragile. Dacă această tendință de epuizare a biodiversității continuă, o pătrime din speciile lumii pot dispărea până în anul 2050.

Termenul de biodiversitate, care reprezintă fundamentul existenței umane, a fost formulat de Walter G. Rosen în 1985 la prima ședință pentru organizarea „Forumului național pentru biodiversitate", organizată la Washington, în septembrie 1986, punând în dezbatere biodiversitatea, care a fost în atenția unui cerc larg de oameni de știință. Cu toate acestea, creditul pentru popularizarea acestui cuvânt este dat lui E.O.Wilson, care adesea este numit „Părintele Biodiversității".

Se crede că primele patru episoade de extincție a speciilor au fost cauza schimbărilor climatice, iar al cincilea, de prezența unui meteorit uriaș.A șasea extincție, cu care ne confruntăm astăzi, se datorează activităților umane. Oamenii de știință au estimat că activitățile umane pot elimina aproximativ 10 milioane de specii până la jumătatea acestui secol.

Pădurile tropicale, cunoscute sub numele de „plămânii Pământului", sunt depozitul biodiversității care acoperă doar 7% din suprafața geografică a Pământului, dar care adăpostesc mai mult de jumătate din speciile identificate în lume. Deoarece majoritatea pădurilor tropicale sunt situate în țările în curs de dezvoltare, creșterea presiunii populației duce la epuizarea rapidă a pădurilor. Pădurile tropicale se pierd în proporție de aproximativ 0,16 miliarde de hectare în fiecare deceniu.Douăsprezece păduri tropicale și opt zone sălbatice din care patru la tropice și patru în afara tropicelor, situate în climatul

mediteranean au fost identificate ca „puncte fierbinți” (acele zone ale lumii cu biodiversitate bogată și niveluri ridicate de endemism, dar sunt amenințare cu dispariția speciilor și distrugerea habitatelor respective).

Dintre cele douăzeci de „puncte fierbinți” ale lumii raportate până în prezent, două aparțin Indiei. Estul Himalaiei și Munții Sahyadri sunt cele două puncte fierbinți ale biodiversității din India. India este denumită națiunea cu „mega-diversitate” datorită bogăției florei și faunei. Dacă măsurile de conservare rațională nu vor fi luate, în curând, 90% din aceste habitate ar putea fi distruse în viitorul apropiat. Aceasta ar însemna o pierdere potențială de 15.000 până la 50.000 de specii în fiecare an sau de 50 până la 150 de specii în fiecare zi. Despăduririle tropicale vor fi singura cauză de dispariție a speciilor în următoarea jumătate de secol. O „epidemie de extincție” pare să amenințe procesul evolutiv normal. În întreaga lume, aproximativ 60.000 de specii de plante și 2000 de specii de animale sunt pe cale de dispariție. Deși marea majoritate a speciilor sunt plante, există și câteva specii de animale care sunt amenințate. Acestea includ pești (343), amfibieni (50), reptile (170), nevertebrate (1355), păsări (1037) și mamifere (497).

Foto 11.1. Munții Sahyadri, India

Dispariția speciilor înseamnă și o scădere a numărului de gene din fondul genetic. Această reducere a resurselor genetice ale

Pământului este cunoscută sub numele de eroziune genetică. Secolul XX a fost martorul unei pierderi de 75% din diversitatea genetică a plantelor de cultură. Soiurile productive au ocupat mai mult de 60% din suprafața ocupată de grâu și orez. Eroziunea genetică se datorează următorilor factori:

- număr redus de plante de cultură: inițial, un număr mare de plante au fost utilizate pentru diferite scopuri. Cu toate acestea, treptat numărul plantelor exploatabile a scăzut. De exemplu, din 3000 de specii de plante alimentare doar 150 au fost comercializate. Agricultura este dominată de 12 specii din care patru produc mai mult de 50% din total (orez, grâu, porumb, cartof).
- Soiurile plantelor de cultură: Există tendința de a încorpora caractere maxime, valoroase într-un singur soi. De îndată ce se crează un cultivar nou, mai bun, imediat este extins pe suprafețe foarte mari. În consecință, populațiile indigene locale sunt aruncate și genele lor specifice sunt pierdute pentru totdeauna. Eroziunea genetică este o problemă serioasă, deoarece ar putea împiedica programul de ameliorare a culturilor. Varietățile tradiționale și rudele lor sălbatice posedă mai multe gene utile, care pot fi exploatate prin ameliorarea soiurilor aflate în cultură. Menținerea unei diversități la plantele de cultură cu caracteristici diferite, oferă comunității un stoc tampon de alimente în caz de secetă sau inundații sau atacul unor boli sau dăunători.

11.2. Cauzele degenerării biodiversității

Există mai mulți factori responsabili de degenerarea biodiversității, dar cei mai importanți sunt distrugerea și fragmentarea habitatelor care determină deplasarea speciilor în alt habitat unde le este

greu sau imposibil să se adapteze. O altă cauză majoră este vânătoarea extensivă de animale sălbatice și supra-exploatarea plantelor și a arborilor din flora sălbatică. Conform Strategiei Globale a Biodiversității există șase cauze fundamentale ale degenerării biodiversității:

1. Riscuri nesustenabile mari de creștere a populației umane și de consum de resurse naturale;
2. Reducerea constantă a spectrului de produse comercializate din agricultură și silvicultură și introducerea de specii exotice;
3. Sisteme și politici economice care nu pun în valoare mediul și resursele acestuia;
4. Inegalitate în dreptul de proprietate și acces la resursele naturale, inclusiv beneficiile obținute prin utilizarea și conservarea biodiversității,
5. Cunoașterea inadecvată și utilizarea ineficientă a informațiilor;
6. Sisteme juridice instituționale, care promovează exploatarea nesustenabilă.

11.3. Conservarea specifică a speciilor

Conceptele de: *specie endemică, specii cu impact ridicat, specii care pot fi prezervate și specii indicatoare*, joacă un rol foarte important în conservarea biodiversității.

Specii endemice

Speciile endemice sunt cele cu distribuții restrânse.O specie endemică nu este neapărat rară sau limitată într-un anumit areal. Aceasta depinde de zona unde se măsoară endemismul. Deși endemismul plantelor a fost recunoscut și cercetat pe larg, s-a acordat mai puțină atenție raselor de animale endemice. Totuși, speciile

endemice sunt în atenția cercetătorilor, din ce în ce mai mult, fiind un obiectiv important pentru asigurarea conservării, deoarece amenințările acestor specii devin tot mai evidente. Mai mult, speciile endemice sunt componentele majore ale punctelor fierbinți de diversitate și constituie baza pentru selectarea zonelor de conservare prioritare. Endemismul poate fi clasificat în funcție de distribuția spațială, vârsta și afinitățile evolutive și abundență. Engler (1882) a oferit una dintre primele clasificări ale endemismului în funcție de vârsta evolutivă a speciilor, după cum urmează:

- neoendemice: grupe mari de specii și sub-specii strâns legate care au evoluat relativ recent.
- paleoendemice: taxoni cu rang înalt filogenetic, de obicei secțiuni, sub-genuri sau genuri monotipice, care pot fi considerate relicve evolutive.

Specii cu impact mare. Unele specii au o influență mai mare asupra ecosistemelor decât alte specii. Impactul și abundența lor se pot schimba în timp, cu alte specii care le înlocuiesc în poziția lor de influență. Două grupe sunt deosebit de relevante pentru conservarea biodiversității - *specii cheie și specii invazive exotice.*

Specii cheie sunt speciile care mențin structura și organizarea comunității. Acestea sunt de fapt specii care permit un număr mare de alte specii să persiste în comunitate. Protejarea speciilor cheie este o prioritate pentru eforturile de conservare, deoarece în cazul în care o specie cheie se pierde dintr-o zonă de conservare, se pot pierde și numeroase alte specii. Printre speciile-cheie cele mai evidente sunt prădătorii de vârf, deoarece aceștia sunt adesea importanți în controlul populațiilor de erbivore. În multe regiuni în care omul a vânat lupi cenușii până la dispariție, populațiile de cerbi au explodat. În consecință, pășunarea excesivă a dus la eliminarea multor specii de plante erbacee. Pierderea acestor plante a fost în detrimentul

căprioarelor și altor erbivore, inclusiv comunitatea insectelor care se hrăneau cu aceste plante. Mulți arbori tropicali precum *Ficus religiosa* (Peepal), *Ficus benghalensis* (Bargad), *Ficus glomerata* (Gular), *Ficus carica* (Anjeer) și *Ficus racemosa* (Pakar) servesc ca specii cheie în funcționarea comunităților de vertebrate. Florile acestor specii de arbori sunt polenizate de mici viespi specializate (*Blastophaga spp*.), care se maturizează în fructele în curs de dezvoltare.Aceste specii de arbori oferă, de asemenea, o sursă sigură de hrană pentru primate, păsări și alte vertebreate care consumă fructe, chiar și în sezonul uscat. Prin urmare, identificarea și conservarea speciilor cheie sunt importante pentru menținerea biodiversității.

Specii invazive exotice. Sunt acele specii care au apărut relativ recent, fie în ecosistemele naturale, fie influențate de oameni. Ele pot fi aproape orice tip de organism care devine, de exemplu, un nou agent patogen, vector, buruiană sau animal invaziv. Monitorizarea răspândirii și impactului acestor specii invazive este o componentă crucială a conservării biodiversității.

Specii care pot fi prezervate. Deoarece conservarea biodiversității este o știință pragmatică, privită ca o componentă a managementului, este important să se noteze acele specii care necesită eforturi de conservare. Există trei categorii: - *specii amenințate, specii umbrelă și specii pilot.*

Specii amenințate: Speciile de plante și animale în scădere au fost clasificate în funcție de scopul conservării:

1. Specii pe cale de dispariție: Specii care sunt în pericol de dispariție și a căror supraviețuire este puțin probabilă dacă factorii cauzali continuă să funcționeze. Numărul acestora a fost redus la un nivel critic sau ale cărui habitate au fost reduse atât de drastic încât sunt considerate în pericol imediat de dispariție.

2. Specii pe cale de dispariție critică: Specii care se confruntă cu un risc extrem de ridicat de dispariție în sălbăticie, în viitorul imediat.
3. Specii vulnerabile: Specii care pot trece în categoria pe cale de dispariție în viitorul apropiat dacă factorul cauzal continuă să funcționeze.
4. Specii rare: Specii în pericol din cauza numărului redus.
5. Specii nedeterminate: Specii în pericol de dispariție, dar motivul nu este cunoscut.
6. Specii predispuse la dispariție: specii care sunt adesea sărăcite genetic, cu o fecunditate scăzută, dependente de resurse naturale imprevizibile, densitatea populațiilor extrem de variabilă, datorită extinderii comunităților umane.
7. Specii insuficient cunoscute: Specii care aparțin probabil uneia dintre tipurile de conservare, dar nu sunt suficient de bine cunoscute pentru a fi atribuite unei anumite categorii de conservare.
8. Specii dispărute: Specie despre care nu se mai știe dacă există în natură.Căutările în arealele unde au fost găsite cândva sau în alte areale posibile, nu au dus la detectarea acestora.
9. Specii dispărute în sălbăticie: specii care supraviețuisc în captivitate sau ca populație naturalizată cu mult în afara arealului sălbatic.
10. Specie dependentă de conservare: Specie care nu este pe cale de dispariție, sau vulnerabilă, dar este dependentă de un program de conservare a habitatului în care se dezvoltă, a cărui distrugere ar duce la încadrarea

speciilor în una din categoriile prezentate mai sus,într-o perioadă de câțiva ani.

11. În apropierea speciilor amenințate: specii care nu sunt în pericol de dispariție, dar sunt aproape de a se încadra în categoria speciilor vulnerabile.
12. Specii care nu sunt în pericol: specii care nu sunt pe cale de dispariție sau vulnerabile și a căror existență nu depinde de un mod de conservare.
13. Informații deficitare despre anumite specii: Există informații inadecvate pentru a face o evaluare directă sau indirectă a riscului de dispariție pe baza distribuției și/sau a statutului populației și speciei.O specie din această categorie este studiată și biologia ei este bine cunoscută, dar lipsesc date despre abundență și/sau distribuție. Încadrarea în această categorie indică faptul că sunt necesare mai multe informații pentru ca asemenea specii să nu fie în pericol.
14. Specie neevaluată: Specia nu a fost încă evaluată pe baza criteriilor de mai sus.

Specii umbrelă. Sunt specii de plante a căror suprafață de ocupare, sau rase de animale a căror rază de acțiune este suficient de mare și ale căror cerințe în habitat sunt suficient de largi, astfel încât dacă li se oferă o suprafață destul de mare pentru protecția lor, vor aduce și alte specii sub această protecţie.Multe dintre rezervațiile naturale au fost create în principal pentru mamifere mari sau păsări și au devenit din neatenție rezervații pentru alte specii, în special nevertebrate.

Specii pilot: sunt specii populare carismatice care servesc ca simboluri și puncte de plecare pentru a stimula conștientizarea și acțiunea conservării.Un exemplu tipic ar fi speciile de orhideie. Aceste specii emblematice pot servi drept indicatori și/sau specii umbrelă și

oferă, de asemenea, o amintire foarte vizibilă a evoluției unui anumit plan de gestionare a conservării.

Specii indicatoare. Anumite specii indică schimbări în condiții biotice sau abiotice. Este important să inventariem aceste specii sensibile, deoarece ele însele pot deveni monitoare importante. Speciile indicatoare reflectă calitatea și schimbările condițiilor de mediu, precum și aspecte ale compoziției comunității. Indicatorii biologici pot fi folosiți în evaluarea ecologică, în special pentru comunități, indicând zone de interes pentru conservare. Speciile indicatoare sunt de asemenea utilizate în evaluările de mediu și în pregătirea hărților de sensibilitate a mediului.

Există practic cinci tipuri de indicatori biologici:

Santinele: specii sensibile, introduse în condiții atipice ca dispozitive de avertizare timpurie.

Detectoare: Specii care apar în mod natural în zona de interes, care pot manifesta un răspuns măsurabil la schimbările de mediu.

Exploratoare: Specie a cărei prezență indică probabilitatea de poluare.

Acumulatoare: Specie care acumulează substanțe chimice în țesuturile lor.

Organisme folosite pentru biotestare: Unele organisme sunt folosite ca reactivi de laborator pentru a detecta prezența și/sau concentrația de poluanți.

11.4. Rolul cercetării și tehnologiei în conservarea biodiversității

Cercetătorii precum biologii, ecologiștii și sociologii au roluri diferite în conservare. Identifică speciile și habitatele lor, localizează zone cu o valoare ecologică ridicată, identifică amenințări și propun strategii și soluții inovatoare. Specialiștii folosesc diferite metode

precum sondaje de teren, observații și experimente, precum și tehnologii, inclusiv dispozitive de teledetecție, analize de date, software și teste de laborator.

Rezultatele cercetărilor sunt foarte importante pentru conservarea biodiversității. Ele pot fi aplicate în programe de dezvoltare comunitară. De fapt, comunitățile locale contribuie la monitorizarea conservării biodiversității și ar trebui să fie implicate în toate etapele proceselor de cercetare și conservare. Rezultatele cercetării sunt utilizate și de jurnaliști, guvern, factori de decizie și chiar de instituții. Crearea și aplicarea tehnologiilor sunt, de asemenea, beneficii ale cercetării conservării biodiversității. Tehnologiile sunt inventate, selectate, evaluate, testate și aplicate pentru a rezolva probleme specifice. Tehnologiile pot fi transferate din țările bogate în țările sărace și invers; acest proces poate fi esențial pentru dezvoltarea comunității. Înainte de a folosi orice tehnologie este esețial să înțelegem clar caracteristicile sale, astfel încât intervenția să nu dăuneze traiului, tradițiilor, culturilor sau mediului local.

Conservarea biodiversității în țările în curs de dezvoltare are propriile sale provocări. Nu numai că există probleme naturale, cum ar fi schimbările climatice și efectele asupra variabilității climatice, dar multe comunități locale se bazează pe resursele naturale pe care le recoltează din zonele protejate. În aceste situații, este deosebit de important ca atunci când se stabilesc strategii de conservare să fie luate în considerare nevoile și capacitățile comunităților și, acestea să fie aprobate de comunitățile afectate.

11.5. Strategii de conservare a biodiversității

Conservarea biodiversității reprezintă planificarea și gestionarea resurselor biologice într-un asemenea mod, încât să asigure utilizarea pe scară largă și aprovizionarea continuă, menținând calitatea,

valoarea și diversitatea acestora. Strategia mondială de conservare a sugerat următorii pași pentru conservarea biodiversității:

1. Conservarea speciilor care sunt pe cale de dispariție;
2. Prevenirea dispariției prin planificare și management sustenabil;
3. Conservarea soiurilor culturilor alimentare, plantelor furajere, arbori, animale și rudele lor sălbatice;
4. Identificarea, protejarea și protecția habitatelor rudelor sălbatice, unde speciile cresc și se dezvoltă;
5. Reglementarea comerțului internațional cu plante și animale sălbatice.

Strategiile de conservare a biodiversității ar putea fi clasificate drept strategii de conservare *in situ* și *ex situ*. *In situ* și *ex situ* sunt cuvinte latine care înseamnă „la fața locului" și „în afara locului". Reprezintă două abordări diferite, dar complementare pentru conservarea biodiversității; fiecare joacă un rol distinct și important. Conservarea *in situ* are loc în natură, de exemplu într-o zonă protejată, fermă tradițională, rezervație naturală sau parc național. Conservarea *ex-situ* are loc atunci când un specimen al unei specii este stabilit în condiții artificiale, cum ar fi într-o grădină botanică sau bancă de semințe.

11.5.1. Strategii de conservare *in situ*

Conservarea *in situ* contribuie la garantarea supraviețuirii unei specii în habitatul său natural. Este importantă observarea comportamentului unei specii, înțelegerea modului în care indivizii interacționează cu alți membri ai speciilor lor și cu alte specii și clasificarea unei specii ca endemică (de exemplu, există exclusiv într-o anumită regiune), rară sau în pericol de dispariție. Conservarea *in situ* permite, de asemenea, cercetătorilor să determine distribuția unei specii în întreaga lume, să evalueze contribuția comunităților tradiționale în

activitatea de conservare și să informeze inițiativele locale de conservare.

Uniunea Internațională pentru Conservarea Naturii (IUCN), cu ajutorul diferitelor agenții și guverne, a clasificat zonele protejate în șapte categorii principale:

- Categoria Ia: rezervație naturală integrală;
- Categoria Ib: Zona naturală sălbatică:
- Categoria II: Parcuri Naționale;
- Categoria III: Monumente naturale;
- Categoria IV : Zonă gestionată pentru habitat și specii;
- Categoria V: Peisaj terestru și marin;
- Categoria VI: Arie protejată pentru resursele naturale gestionate.

Un program de protecție și gestionare a ecosistemului este abordat în principal la nivelul comunităților biotice, speciilor și relației lor, în timp ce un program de utilizare și protecție a resurselor genetice este orientat către gestionarea variației genetice în cadrul și între populații. Menținerea diversității genetice a speciilor se poate realiza numai prin protecția populațiilor mari din mai multe zone diferite, în timp ce conservarea unei specii *per se* poate fi posibilă prin protejarea unui singur eșantion de ecosistem cu o dimensiune a populației mult mai mică. Conservaționiștii se confruntă cu trei opțiuni în a decide dacă și cum să conserve diversitatea genetică a speciilor vizate:

1. Să asigure habitatul necesar supraviețuirii și evoluției adaptive continue, fără intervenție activă;
2. Să accepte extincția sau să îndepărteze specia din mediu, în colecții, grădini botanice și zoologice sau alte rezervații, atunci când nu pot fi îndeplinite cerințele din zona de habitat;

3. Gestionarea dimensiunii populației și a structurii populației amenințate, trebuie să fie obiectivul principal al conservării *in situ*.

Există patru strategii de conservare a resurselor genetice *in situ*:

1. Management redus sau inexistent: Această strategie depinde în principal de parcurile naționale și de alte arii protejate sau de zone neprotejate cu perturbații umane minime, pentru a menține dimensiunile și structurile populației, pentru menținerea integrității genetice a speciilor sălbatice sau a rudelor sălbatice ale plantelor de cultură.

2. Management moderat: Această strategie depinde de modul de protejare a formelor tradiționale, de activități care mențin habitatul și practici umane care modelează diversitatea speciilor și manipulează la unele specii diversitatea genetică. De exemplu, în anii '50, oamenii de știință din Israel au încercat să protejeze populațiile naturale de *Avena,* să dispară, prin împiedicarea pășunatului.Cu toate acestea, de vreme ce o serie de specii de *Avena* au coexistat cu presiunea pășunatului, timp de câteva mii de ani, strategiile conservării speciilor pentru supraviețuire și a trăsăturilor acestora au ajuns să reflecte aceste presiuni. Controlul pășunatului a dus aproape la dispariția acestor specii. Prin urmare, acest caz este un exemplu ideal al pericolului supra-protecției atunci când speciile care au co-evoluat cu tulburările, inclusiv tulburările antropice, pierd brusc acei factori din mediul lor înconjurător.

3. Management intensiv: Această strategie se adresează speciilor domesticite sau semi-domesticite. Întrucât diversitatea speciilor domesticite sau semidomestice este în mare măsură rezultatul ameliorării de către om, structura populației necesară pentru păstrarea soiurilor de plante poate fi menținută doar printr-un management intensiv al omului. Păstrarea acestei diversități genetice *in situ* necesită

mai multe abordări. O abordare este păstrarea cel puțin a unor practici agricole tradiționale. O a doua strategie este de a integra sisteme de cultivare și reproducere mai diverse, în agricultura modernă. În cele din urmă, conservarea habitatelor naturale și semi-naturale în care se știe că există rude sălbatice ale speciilor de cultură este o altă strategie care trebuie urmărită.

În timp ce principiile managementului *in situ* pentru protecția resurselor genetice sunt bine cunoscute, relativ puține zone sunt gestionate efectiv în aceste scopuri. În Dealurile Garo din India, s-au înființat sanctuare de gene (zone din cadrul centrului de diversitate protejat prin imixtiunea umană) pentru rudele sălbatice ale culturilor de citrice, iar rezervații similare pentru pomii fructiferi sunt gestionate în alte părți ale Indiei și în China. India are cele mai multe rezervații de orhidee. În Etiopia există zone de conservare a cafelei sălbatice, iar în SUA (Rezervația Națională Forestieră din Arizona) se conservă ardeiul iute sălbatic (*Capsicum annuum*).

Deși zonele protejate și parcurile naționale rămân o piatră de temelie pentru conservarea biodiversității la nivel mondial, eforturile de conservare nu se limitează la aceste locuri. Terenurile agricole, fără nici un obiectiv de conservare specific, pot conține multă biodiversitate, oferind în același timp hrană, adăpost și alte servicii ecosistemice pentru umanitate. Pădurile de cherestea, pajiștile, râurile și zonele marine sunt zone productive care sunt de asemenea importante pentru biodiversitate. Aceste zone sunt gestionate cu scopul de a produce și a recolta produse alimentare, lemn și energie. Chiar dacă conservarea biodiversității nu este obiectivul principal, gestionarea acestor terenuri trebuie să fie sensibilă la biodiversitate. Dacă nu, exploatarea resurselor poate dăuna sănătății ecosistemului pe termen lung și capacitatea acestuia de a furniza alimente, lemn, energie și alte resurse. Această

recunoaștere a dus la promovarea unei agriculturi și silviculturi durabile și a unei gestionări durabile a pășunilor.

Monitorizarea atentă a biodiversității este o altă practică importantă de conservare; implică verificarea periodică a stării generale de sănătate a ecosistemelor și a speciilor care trăiesc în ele. Datele colectate din programele de monitorizare, pot ajuta la realizarea planurilor de management și la îmbunătățirea activităților din zonele cu terenuri productive. Monitorizarea este deosebit de importantă atunci când activitățile sunt desfășurate la scară industrială, deoarece impactul acestora este mai mare decât impactul activităților similare desfășurate pe scară mai mică, la nivel de subzistență, de către comunitățile locale.

Mecanismele de conservare pot include legi care se aplică la nivelul comunității. Oficialii care răspund de conservarea biodiversității se asigură că populația din comunitățile care se bazează pe resursele naturale ale zonei este implicată în inițiativele de conservare. Oficialitățile aplică legile și urmăresc modul de implicare a comunității. Atunci când legile nu sunt respectate, exploatarea ilegală, erodează avantajele eforturilor de conservare.

Cunoștințele tradiționale din cadrul fiecărei comunități au contribuit la protejarea plantelor și animalelor, a ecosistemelor și la asigurarea unui „echilibru natural". Cunoștințele tradiționale cuprind „inovații și practici ale comunităților autohtone și locale din întreaga lume, dezvoltate din experiența dobândită de-a lungul secolelor și adaptate culturii și mediului local, care este transmis oral din generație în generație", conform Convenției Diversității Biologice (CBD)

Cunoștințele tradiționale sunt deținute în mod colectiv sub formă de povești, cântece, folclor, proverbe, valori culturale, credințe, ritualuri, legi comunitare, limbi locale și practici agricole, inclusiv dezvoltarea speciilor de plante și a raselor de animale. Articolul 8 (j) din CBD solicită țărilor să respecte, să păstreze și să mențină

cunoștințele, inovațiile și practicile comunităților locale și autohtone care încorporează stiluri de viață tradiționale, importante pentru conservarea și utilizarea durabilă a biodiversității.

Conservaționiștii biodiversității trebuie, prin urmare, să se asigure că, comunitățile care se bazează direct pe resursele naturale sunt implicate în inițiative de conservare și să garanteze participarea lor activă pe parcursul întregului proces de conservare. O anumită formă de implicare comunitară este esențială pentru succesul oricărui proiect de conservare a biodiversității.

Există, de asemenea, multe exemple de zone conservate în comunități, în întreaga lume. Aceste zone au fost administrate de comunități, de-a lungul multor generații, pentru utilizarea durabilă a resurselor naturale, cum ar fi plantele medicinale care sunt folosite chiar în scopuri religioase. Aceste zone pot avea sau nu reglementări de protecție guvernamentală, cu toate acestea, membrii comunității au dezvoltat reguli bine recunoscute și respectate, care sunt adesea mai puternice decât orice lege și au fost practicate de generații întregi. Rezultatul final este conservarea și utilizarea durabilă a resurselor genetice. Unele guverne recunosc acum practicile tradiționale și tratează comunitățile autohtone și locale ca fiind „consilieri obișnuiți ai biodiversității".

11.5.2. Strategii de conservare *ex situ*

De secole, ***grădinile botanice*** au fost adevărate depozite pentru plantele valoroase. Deși au fost deseori create pentru plăcerea estetică a conducătorilor statelor care au sponsorizat expedițiile, totuși în mod frecvent aceste grădini, au avut și scop practic. Au devenit centre pentru propagarea și aclimatizarea plantelor colectate care pot fi valoroase pentru oameni, în noul lor mediu.

Pe măsură ce instituțiile de cercetare agricole și alte instituții, în prima jumătate a secolului XX, au dezvoltat colecții independente de

germoplasme, rolul grădinilor botanice în conservare a fost limitat treptat, la specii cu valoare economică mică sau deloc aparentă. Cu toate acestea, grădinile botanice, au jucat și joacă un rol din ce în ce mai vital, deoarece multe specii de plante se confruntă cu un viitor din ce în ce mai amenințat și incert, în sălbăticie.

În prezent, există peste 1500 de grădini botanice și arborete în toată lumea și împreună mențin cea mai mare colecție de specii de plante, conservate înafara habitatului lor de creștere. Deși nu a fost efectuată o evaluare generală a diversității plantelor și nu există nici o bază de date necesare pentru Strategia de conservare a plantelor în grădinile botanice, totuși ni se oferă informații despre biodiversitatea existentă. Până la 80.000 de specii (aproximativ un sfert din plantele superioare ale lumii) sunt cultivate în grădini botanice sau grădini individuale care adăpostesc orice fel de specii, de la câteva sute până la zeci de mii. De exemplu, Kew Botanical Garden din Regatul Unit al Marii Britanii, deține aproximativ 38.000 de specii (aproximativ 10% dintre ele fiind amenințate), mai mult decât majoritatea țărilor care conservă speciile de plante în mediul lor natural. Programul „Conservarea Internațională a Grădinilor Botanice" a fost înființat pentru a coordona activitățile de conservare a speciilor de plante ce aparțin grădinilor botanice din întreaga lume. Unul dintre cele mai importante roluri pe care le pot juca grădinile botanice este participarea la programe de recuperare a ecosistemelor pe cale de dispariție. Activitățile de repopulare, reintroducere și restaurare a speciilor de plante oferă o legătură crucială între eforturile *ex situ* și *in situ*, pentru utilizarea durabilă și protejarea biodiversității.

Sanctuarele sacre existente în India au de asemenea, un rol major în conservarea habitatelor naturale. Sanctuarele sacre sunt mici oaze de vegetație autohtonă păstrate în mod tradițional din motive religioase, de către comunitățile locale. Sanctuarele se găsesc în principal în zonele dominate de triburi și gestionate de localnici.Acestea

sunt insule de verdeață în peisaj, protejând biodiversitatea și îmbunătățind calitatea mediului. Protecția arborilor Khejri (*Prosopis cineraria*) din Rajasthan de către comunitatea Bishnoi este un exemplu ideal. Sanctuarele sacre se găsesc și în statele indiene Maharashtra, Karnataka și Kerala.

Foto 11.2. Sanctuarul sacru din Kerala, India

În ultimele două decenii s-a observat, de asemenea, reevaluarea priorităților de conservare a resurselor genetice deținute de instituțiile de cercetare agricolă. În trecut, aceste instituții erau de obicei preocupate doar de resursele genetice ale unei noi culturi comerciale. O varietate de factori, inclusiv vulnerabilitatea genetică, costurile ridicate de mediu, asociate cu utilizarea soiurilor cu randament ridicat și resursele de apă limitate sau epuizate, stimulează aceste instituții să caute noi utilizări ale speciilor folosite în trecut și potențialele utilizări pentru unele dintre miile de specii de plante care abia sunt cunoscute de către oamenii de știință.

11.5.2.1. Tehnologii de conservare *ex situ*

O gamă de tehnologii și strategii sunt disponibile pentru conservarea *ex situ* a resurselor genetice vegetale. Grădinile botanice și

băncile de semințe sunt formele tradiționale de conservare în afara habitatului și mențin cea mai mare parte a colecțiilor. În Băncile de gene au fost stabilite standarde pentru conservarea semințelor ortodoxe (semințe care pot rezista la uscare și temperaturi sub zero grade).

Băncile de Gene pot folosi metode standard de conservare *ex situ*, dar ele pot diferi din punct de vedere organizațional. Există două tipuri de bănci de gene naționale: tipul centralizat și descentralizat. Băncile de gene din primul grup unifică gestionarea tuturor resurselor genetice vegetale în cadrul unei singure instituții, cu centre care se ocupă cu multiplicarea/regenerarea și studiul colecțiilor situate în alte locații (Rusia, Germania, Canada, România, etc.). Tipul descentralizat constă din existența doar a unui Consiliu Național al Resurselor Genetice Vegetale care coordonează activitatea instituțiilor individuale și stațiunilor unde sunt conservate, regenerate și studiate diferite colecții (SUA, Franța, Spania, etc.).

Instituțiile cu o istorie de lungă durată de conservare a resurselor genetice vegetale aparțin primului grup, în timp ce cele înființate de curând, mai ales cele din vestul Europei fac parte din al doilea grup, cel al organizațiilor descentralizate.

Sistemul Național de Germoplasmă al SUA

Inițial, în anul 1898 în cadrul Departamentului de Agricultură a SUA s-a înființat Secția de Introducere a Semințelor și Plantelor. Mai târziu și-a schimbat numele în Sistemul Național de Germoplasmă al SUA. Acesta era coordonat de un grup de cercetători, proveniți din sectorul public și privat. Responsabilitățile acestora au constat în (Wesenberg și colab., 1992):

- achiziția, multiplicarea, regenerarea, evaluarea și distribuția germoplasmei;
- cercetări privind prezervarea diversității genetice și a metodelor de menținere a viabilității prin îmbunătățirea procedurilor de depozitare;

- monitorizarea vulnerabilității genetice prezervate.

Instituțiile incluse în Sistemul Național de Germoplasmă al SUA, sunt următoarele:

1. Institutul de Cercetare pentru Cultura Plantelor, Beltsville, care include Biroul de Introducere a Plantelor, Laborator de întreținere a germoplasmei, Laboratorul pentru evaluarea calității germoplasmei și Laboratorul de Botanică Sistematică și Nematologie. În cadrul Laboratorului de întreținere a Germoplasmei există și Rețeaua de Informații a Germoplasmei (GRIN) și Baza de Date privind germoplasma din SUA.
2. Laboratorul Național de Depozitare a Semințelor, Fort Collins, Colorado, care a fost înființat în anul 1958, fiind singurul loc din SUA cu facilități de conservare de lungă durată a germoplasmei păstrate prin semințe.
3. Centrul Național de Conservare a Semințelor Mici (NSGC) Aberdeen, înființat în anul 1988 pe lângă Universitatea Idaho din Aberdeen (Wesenberg și colab., 1992).

Rețeaua de Informații a Germoplasmei (GRIN) pune la dispoziția Programului Național de Resurse Genetice, personal și utilizatori de germoplasmă, acces continuu la baza de date pentru menținere, pașaport, caracterizare, evaluare, inventarie și distribuție a informațiilor, importante pentru un management efectiv de utilizare a colecțiilor naționale de germoplasmă http://www.ars-grin.gov/).

Resursele genetice vegetale din Canada.

Ministerul Agriculturii și Industriei Alimentare din Canada a numit în anul 1970 primul coordonator al resurselor genetice vegetale, și a înființat Rețeaua de Resurse Genetice din Canada (PGRC). Până în anul 1998 această instituție a funcționat la Centrul Experimental Ottawa, după care s-a mutat la Saskatoon unde s-au construit facilități moderne de conservare. Sistemul Germoplasmei Plantelor din Canada

are o rețea de centre și oameni dedicați conservării diversității genetice a plantelor de cultură și rudelor lor sălbatice și a plantelor unice din diversitatea canadiană. Acest sistem joacă un rol important în Agricultura și Alimentația canadiană în angajamentul strategiei biodiversității canadiene ca răspuns la Convenția Diversității Biologice. În anul 1992 s-a înființat un sistem multinodal, pentru a răspunde la recomandările studiului privind îmbunătățirea conservării germoplasmei în Canada. Inițial acest sistem a fost finanțat prin Planul Verde. Această inițiativă unește reînmulțirea, evaluarea și documentarea programelor de ameliorare a plantelor cultivate. De asemenea, Centrul Național de Resurse Genetice Vegetale din Canada are facilități de depozitare a semințelor pe durată medie și lungă de timp și unități de crioprezervare. Depozitarea pe termen lung se face la temperatura de -20^0C în seifuri spațioase, în plicuri laminate, iar cea pe termen mediu în plicuri de hârtie la temperatura de 4^0C și 20% umiditatea relativă a aerului. Se testează viabilitatea semințelor, acestea se usucă până la 6-8% și se transferă în depozite pe termen mediu sau lung. Cea mai utilizată metodă de crioprezervare este cea în/pe azot lichid la temperatura de -196^0C. În funcție de specie, semințele se pot păstra de la câțiva ani până la secole (http:// pgrc3.agr.gc.ca/index_ e.html).

Institutul Plantelor Industriale Vavilov – VIR (Rusia)

VIR provine din Biroul de Botanică Aplicată, înființat în anul 1894. În anul 1930 i s-a dat o nouă denumire: Institutul Unional de Cercetări pentru Plantele Industriale (VIR – abreviere în limba rusă), iar din anul 1967 a fost adăugat și numele lui N.I. Vavilov. Principalele direcții în activitatea institutului, inițiate de Vavilov au fost: colectarea, conservarea studierea și utilizarea resurselor genetice vegetale. În plus, Institutul este implicat în proiectarea unor metode de studiu a germoplasmei colectate și dezvoltarea unor tehnici de conservare pe termen lung.

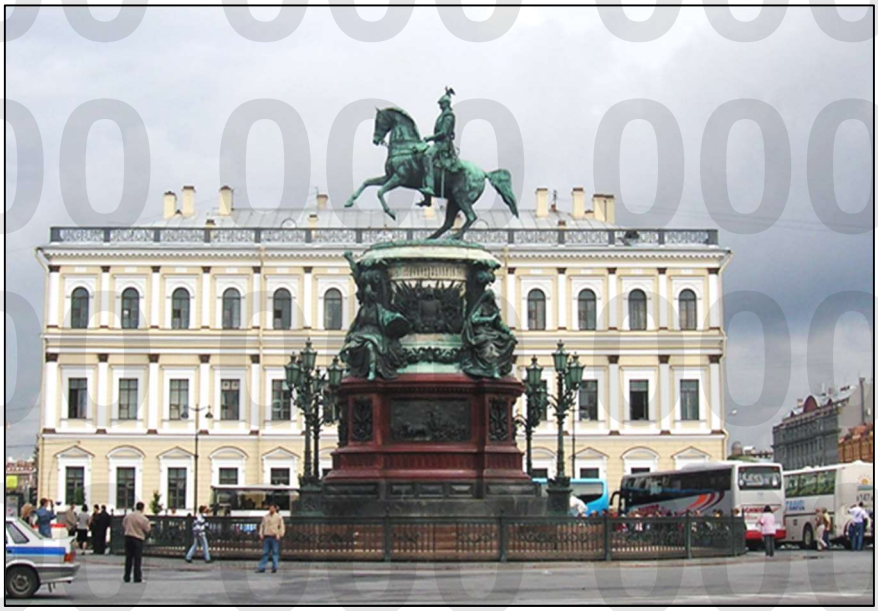


Foto 11.3. Institutul Plantelor Industriale Vavilov (VIR), St. Petersburg, Rusia

Sediul Central al Institutului Vavilov este la St. Petersburg de unde se coordonează activitățile întregului institut și ale stațiunilor experimentale, incluzând nouă departamente de resurse genetice ale plantelor de cultură, departamentul de Agrobotanică și conservare *in situ* care are un ierbar unic, 10 departamente și laboratoare, care se ocupă cu studiul resurselor genetice vegetale, o bancă de gene cu facilități de depozitare a semințelor (conservă semințele la temperaturi de $+4^0$C, -10^0C și -18^0C și crioprezervare) și departamentul de biotehnologie care include un laborator de conservare *in vitro*. Institutul are în subordine 11 stațiuni experimentale care se ocupă cu studiul și multiplicarea/regenerarea resurselor genetice vegetale și Depozitul Național de Semințe din Kuban situat în incinta stațiunii experimentale Kuban.

Pentru speciile recalcitrante (acele specii care au semințe care nu tolerează uscarea sau temperaturile negative), conservarea sub formă de plante vii în câmp este o alternativă.

În ultimii 60 de ani au fost dezvoltate mai multe tehnici sofisticate. Biotehnologia a furnizat multe instrumente noi de conservare, cum ar fi conservarea *in vitro,* fiind o alternativă foarte atractivă.

Crioprezervarea în azot lichid la -196ºC este, de asemenea, o alternativă promițătoare atât pentru speciile de plante, cât și pentru speciile de animale, deși acum este în mare parte experimentală. Avantajul major al crioprezervării față de tehnicile convenționale este absența controalelor complicate ale temperaturii și umidității, absența totală a bolilor și dăunătorilor și viabilitate pe durată nedeterminată, fără daune genetice. Crioprezervarea plantelor are loc sub formă de embrioni sau sămânță. Crioprezervarea s-a dovedit că este mai ieftină decât menținerea culturilor în colecții de câmp, deoarece este posibilă conservarea pe termen lung, chiar nedeterminat.

O altă tehnică foarte promițătoare este conservarea ADN-ului izolat. Printre avantajele sale se numără faptul că sunt necesare doar cantități minime de material pentru conservare și posibilitatea reintroducerii materialului în genotipuri sau specii conexe. Poate fi utilizată la speciile pe cale de dispariție sau chiar dispărute, prin prelevarea de probe din specimene de herbariu sau alt material din specia țintă.

Cu toate acestea, în prezent această abordare este într-o fază experimental mai incipientă decât crioprezervarea și ar trebui privită doar ca o opțiune viitoare pentru conservarea diversității genetice. Într-adevăr, conservarea ADN-ului la temperaturi scăzute sau ultra-scăzute este acum un proces de rutină, dar regenerarea organismelor întregi sau chiar exprimarea genelor particulare în genotipuri/specii înrudite este

foarte dificilă. Există multe strategii de conservare care să se potrivească locațiilor, habitatelor și speciilor. Scopul final trebuie să fie protejarea speciilor înainte ca acestea să fie pierdute definitiv.

Conservarea biodiversității și dezvoltarea durabilă sunt două ramuri inter-conexe care se concentrează pe progresul social, creșterea economică și protecția mediului pe de o parte și conservarea ecosistemelor de cealaltă parte.

Conservarea include eforturile depuse în arii protejate, cum ar fi parcurile naționale și rezervele comunitare, precum și în alte zone cu o biodiversitate bogată și importantă, unde conservarea nu este principalul obiectiv. În acestea din urmă dezvoltarea unei agriculturi sustenabile și gestionarea durabilă a resurselor naturale sunt principalele abordări pentru păstrarea acestor zone pentru beneficii sociale, economice și ecologice pe termen lung.

11.6. Conservarea biodiversității genetice în România

România este situată în sud - estul Europei Centrale, la nord de Peninsula Balcanică, pe cursul inferior al Dunării, cu ieşire la Marea Neagră şi se întinde între 43°37′07′′ şi 48°15′06′′ latitudine nordică şi 20°15′44′′ şi 29°41′24′′ longitudine estică.

Paralela 45° (jumătatea distanţei dintre Ecuator şi Polul Nord) traversează România la 70 km nord de capitala ţării, Bucureşti, iar meridianul 25° longitudine estică (jumătatea distanţei între Coasta Oceanului Atlantic şi Munţii Ural) trece la 90 km vest de Bucureşti.

România are o suprafaţă de 238.391 km^2 şi se învecinează la nord şi la est cu Ucraina şi, respectiv, cu Republica Moldova, la vest cu Ungaria, la sud-vest cu Serbia, la sud cu Bulgaria şi la sud-est cu Marea Neagră. Două treimi din frontieră este parcursă de râuri (Dunărea, Prutul, Tisa) şi litoral (Marea Neagră), iar o treime este trasată pe pământ.

Clima. România are o climă temperat-continentală de tranziţie, specifică pentru Europa Centrală, cu patru anotimpuri distincte, cu ierni lungi şi severe (decembrie – martie), veri fierbinţi (mai – iulie), toamne prelungite (august – noiembrie) şi cu trecere rapidă din primăvară în vară. Diferenţele locale sunt cauzate de altitudine şi de influenţele oceanice dinspre vest, de cele mediteraneene dinspre sud-vest şi de cele continental-excesive dinspre est. În timpul iernii temperatura medie scade sub –3°C şi pe timp de vară se situează între +22°C şi +24°C.

Temperaturile medii anuale sunt de 11°C în sudul ţării şi de 8°C în nord. Cea mai redusă temperatura înregistrată a fost de –38,5°C la Bod, judeţul Braşov, în anul 1942, iar cea maximă, de +44,5°C, la Ion Sion în Bărăgan.

Precipitaţiile anuale scad în intensitate de la vest la est, respectiv de la peste 600 mm la mai puţin de 500 mm în Câmpia Română de Est, sub 450 mm în Dobrogea şi circa 350 mm pe litoral, pentru ca în regiunile muntoase să ajungă la 1000–1500 mm.

Din punct de vedere *hidric* resursele au o distribuţie spaţio-temporală neuniformă cele mai mari fluctuaţii înregistrându-se în zona de câmpie din sudul ţării. Perioadele secetoase şi cele cu excedent de apă se grupează pe durate de 2 - 4 ani şi revin ciclic. În condiţii de secetă, resursele de apă pe râurile interioare scad de aproape 9 ori. În concluzie, dacă se face abstracţie de aportul de apă din Dunăre, România este o ţară săracă în apă, deficitul resimţindu-se acut în teritoriile cu risc ridicat la deşertificare şi secetă.

Relieful este dispus în trei mari etaje, bine diferenţiate: cel mai înalt este reprezentat de Munţii Carpaţi, cel de mijloc de Subcarpaţi, dealuri şi podişuri şi cel mai jos este reprezentat de câmpii, de văile râurilor şi de Delta Dunării. Principala caracteristică a reliefului românesc este dispunerea sa în formă de amfiteatru.

Munţii se întind în formă de arc în partea centrală acoperind 31% din suprafaţa ţării, urmează dealurile şi podişurile, care ocupă 36%, iar câmpiile, care se întind în sudul şi în vestul ţării, reprezentând 33%.

Litoralul Mării Negre se desfăşoară pe o lungime de 245 km, între gârla Musura (la graniţa cu Ucraina) şi localitatea Vama Veche (la graniţa cu Bulgaria) şi permite conexiunile cu ţările bazinului Mării Negre, cu cele din bazinul Mării Mediterane şi cu toate statele din lume.

Teritoriul României este alcătuit din trei tipuri de relief, prezente într-o proporţie relativ egală – câmpie, dealuri si munţi, cu un nivel de diversitate pedo - climatică si geografică ridicat, regăsit în 52 de eco–regiuni. Acestea includ diferite tipuri de ecosisteme, acvatice şi terestre, caracteristice litoralului Mării Negre, stepei, silvo – stepei, dealurilor, munţilor, lacurilor, râurilor şi luncilor, zonelor umede, pajiştilor, mlaştinilor şi zonelor stâncoase, precum şi Deltei Dunării. România are o moştenire naturală unică, reprezentată în principal de Munţii Carpaţi (65 % din eco – regiunea Carpaţi) şi de către una dintre cele mai importante zone umede de pe continentul european, Delta Dunării, a doua ca mărime din Europa. Merită menţionat că aproximativ 300.000 ha de păduri virgine se află localizate în România. În Munţii Carpaţi şi Delta Dunării se regăsesc o serie de specii endemice, printre care se află şi specii de interes comunitar (Raportul Național – FAO, 2008).

Vegetaţia este determinată de relief şi de elementele pedo-climatice, având o dispunere etajată. Regiunile montane sunt acoperite de păduri de conifere, de fag sau de amestec. În regiunile de deal şi de podiş se întâlnesc păduri de foioase, iar vegetaţia de stepă şi de silvostepă, care ocupă ariile din Podişul Dobrogei, Câmpia Română, Podişul Moldovei, Câmpia Banatului şi a Crişanei, a fost înlocuită în cea mai mare parte de culturi de cereale.

România se înscrie în primele 6 țări europene în ceea ce privește numărul de specii de plante şi animale. Sunt 3.630 de specii de plante superioare (ferigi şi plante cu flori) care cresc în flora spontană. Din cele 3.630 specii, aproape o treime nu cresc în restul Europei.

În ultimii 30 de ani, condiţiile naturale şi peisajul României au fost influenţate datorită restructurării socio-politice şi dezvoltării unor noi domenii de activitate. Creşterea economică susţinută, înregistrată în ultimii 5 ani ameninţă cu supra exploatare a resurselor naturale. În aceste condiţii, multe specii de plante şi animale sunt în pericol, modificările peisajului fiind un indicator important al deteriorării mediului. Schimbările radicale care au intervenit în sectorul agricol, abandonul activităţilor agricole pe suprafeţe mari sau reîntoarcerea la un tip de agricultură tradiţională au influenţat multe dintre aspectele de mediu ale terenurilor agricole din România.

În prezent, suprafaţa de teren agricol ocupă 62% din suprafaţa totală a României, dar numai 39% reprezintă teren arabil şi 20% păşuni şi fâneţe. Terenurile ocupate de pădure s-au redus drastic acoperind aproximativ 28% din suprafaţa ţării.

Abandonul activităţilor agricole şi unele practici inadecvate (arderea miriştilor, aratul perpendicular pe curbele de nivel), apărute ca urmare a lipsei de cunoştinţe de specialitate ori a resurselor financiare limitate, au influenţat în mod negativ biodiversitatea şi au determinat apariţia sau accentuarea fenomenului de eroziune a solului. Scăderea şeptelului a condus la renunţarea practicării păşunatului, motiv pentru care multe pajişti au fost degradate. Pe de altă parte, modificările survenite în modul de practicare a agriculturii, datorită fragmentării excesive a terenurilor, au avut un impact major asupra conservării peisajelor rurale tradiţionale şi a biodiversităţii (Raportul Național – FAO, 2008).

În ultimii 30 de ani, condiţiile naturale şi peisajul României au fost influenţate de dezvoltarea unor activităţi economice care au presupus exploatarea excesivă a resurselor naturale. În aceste condiţii, într-un viitor apropiat, multe specii de plante şi animale pot fi ameninţate cu dispariţia.

Activităţile umane - au modificat semnificativ relieful României, determinând schimbări ale ecosistemelor ca de exemplu apariţia vegetaţiei de stepă, în locul pădurilor. Deşi în ţara noastră biodiversitatea a fost foarte bogată (în special datorită mărimii şi calităţii ecosistemelor), ca urmare a modificărilor suferite în ultimii ani, în special din cauza activităţilor umane, variabilitatea a scăzut într-un ritm alarmant. Diversitatea biologică a fosta afectată, atât la nivel local cât şi regional de dezvoltarea agriculturii, industriei şi de extinderea oraşelor. Poluarea, lucrările hidrotehnice extracţiile de zăcăminte, exploatarea neraţională a resurselor naturale au dus la secarea unor râuri sau la distrugerea faunei şi florei acestora.

S-a estimat că în ultimii 50 de ani s-au distrus aproximativ 250.000 ha de pădure şi ecosisteme de pajişti, iar aproximativ 280.000 ha de teren agricol au fost distruse parţial. De asemenea, peste 400.000 ha de teren umed (în special de-a lungul fluviului Dunărea) au fost distruse parţial sau în totalitate.

Poluarea apei, aerului şi solului – a fost şi continuă să fie cauza principală a reducerii biodiversităţii. Poluarea industrială a scăzut în primii ani după 1990, datorită procesului de tranziţie economică când multe unităţi industriale şi-au redus sau şi-au încetat activitatea. Totuşi în ultimii 15 ani economia românească a început să se dezvolte, apărând noi ramuri industriale, ceea ce a contribuit la deteriorarea aerului, apei şi a solului, ceea ce a dus la apariția unor fenomene ale naturii greu de controlat (inundaţii, secetă, vânturi puternice). Distrugerea pânzei

freatice ca rezultat al unor lucrări hidrotehnice a determinat şi uscarea parţială sau totală a 20.000 ha de pădure.

Schimbările politice ce au avut loc după anul 1989 au avut ca rezultat şi retrocedarea terenurilor agricole vechilor proprietari, ceea ce a permis multor persoane să schimbe destinaţia unor suprafeţe pentru obţinerea de venituri imediate provocând deteriorarea puternică a lor. De asemenea, tot în această perioadă şi pădurile au fost trecute în proprietate privată. Acest fapt a favorizat tăierea puternică a copacilor, transformând pădurile în păşuni, fâneţe sau teren arabil. Prin aceste acţiuni s-a distrus întreaga floră şi faună din arealele respective.

Conservarea si îmbunătăţirea stării resurselor naturale si a habitatelor reprezintă o prioritate pentru România, având în vedere cerinţele de mediu din spaţiul rural, precum si obligaţiile internaţionale şi liniile strategice stabilite la nivel comunitar.

11.6.1. Conservarea *in situ* a resurselor genetice vegetale în în parcuri și rezervații naturale

În România au fost identificate 3.700 de specii de plante, dintre care, 23 sunt declarate monumente ale naturii, 74 sunt extincte, 39 sunt periclitate, 171 sunt considerate vulnerabile si 1.253 sunt rare. Un număr de 181 de specii sunt incluse în „Lista roşie a plantelor superioare din România” (publicată de către Academia Româna – Institutul de Biologie, în anul 1994) ca specii endemice, rare sau vulnerabile. Au fost identificaţi un număr de 57 taxoni endemici si 171 subtaxoni; speciile endemice reprezentând cca. 4 % din speciile de pe teritoriul ţării. Din numărul estimat al taxonilor identificaţi în România, o proporţie semnificativă (~60%) este reprezentată de către speciile caracteristice pajiştilor alpine şi subalpine, păşunilor şi fâneţelor montane (Raportul Național – FAO, 2008).

Din totalul de 58 de specii de pomi indigeni, cel puţin 30 de specii de arbuşti au importanţă economică, producând lemn, renzine,

fructe, flori, frunze şi coajă cu caracter medicinal sau ca sursă meliferă. Din cele 1.300 specii sălbatice, 175 au valoare nutritivă, 70 specii sunt plante medicinale şi 180 au importanţă meliferă.

Metodele de conservare *in situ* sunt cele care încearcă să mențină auto-perpetuarea populațiilor în ecosistemele naturale. Prin urmare, metodele de conservare *in situ* oferă protecția populațiilor speciilor sălbatice, fiind o metodă potrivită pentru conservarea rudelor sălbatice a plantelor de cultură. Conservarea *in situ* prin rezervele genetice poate produce o serie de beneficii sociale, dintre care unele sunt relevante pentru utilizarea germplasmei în programele de ameliorare. Menținerea anumitor populații de specii sălbatice în interiorul ecosistemelor naturale sunt, de asemenea de dorit, în scopuri de cercetare și educație și foarte important pentru conservarea diversității biologice.

În România începând din anul 1930, de la apariția primei legi privind ocrotirea naturii s-au formulat propuneri izolate de constituire a unor parcuri naționale, spre exemplu: Emil Racoviță – Parcul Național Apuseni (1943), Mihai Haret – Parcul Național Bucegi (1938), Marcian Bleahu -Parcul Național Apuseni (1959), Oarcea Zeno – extinderea Parcului National Retezat (1964), iar la sesiunea de comunicări a Academiei Române, din decembrie 1973, s-a propus constituirea unui sistem de 11 parcuri naționale cu suprafețe orientative însumând 416.000 ha.

Principalele Parcuri Naționale și suprafața ocupată de acestea sunt redate în tabelul. 11.1.

Tabelul 11.1.

Principalele parcuri și rezervații naturale din România

Denumirea Parcului/Rezervației	Suprafața (ha)	Observații
Parcul Național Retezat	54.400	1700 unități taxonomice din care 600 sunt endemice
Rezervația biosferei	591.200	Vegetație xerofită cu influențe

Delta Dunării		mediteraneene
Parcul național din Munții Rodnei	63.696	Specii endemice carpatice, multe dintre ele cu proprietăți medicinale (*Ranunculus crenatus, Sempervivum marmoreum, Viola dacica, Primula elatior.*
Parcul National Domocled – Valea Cernei	63.580	Specii de plante din regiunile sudice. Dintre plantele erbacee, cele mai importante sunt: *Primula auricula, Dianthus petraeus, Dianthus trifasciculatus, etc.*
Parcul Național Cheile Nerei	43.561	S-au identificat 694 de specii. Aici întâlnim specii submediteraneene (*Festuca drymeia, Vicia striata, etc),* specii balcanice (*Digitalis lanata, Allium atropurpureum, etc).* De asemenea tot aici se găsesc și specii endemice (*Dianthus giganteus, Thymus dacicus, etc).*
Parcul Național Munții Semenic-Cheile Carașului	37.035	Pajiști de tip subalpin, aici se găsesc speciile *Gențiana caulis și Centaurea nervosa*
Parcul Național din Munții Calimani	20.120	Floră alpină reprezentată prin numeroase specii rare, monumente ale naturii ca: zâmbrul *(Pinus cembra),* tisa (*Taxus bacata),* floarea de colț *(Leontopodium alpinum),* sângele voinicului *(Nigritella nigra)*
Parcul Național din Munții Ceahlău	22.700	Dintre speciile întâlnite aici menționăm: *Achillea distans, Allium montanum, Artemisia petrosa, Astragalus alpinus, Carex sempervirens,*
Parcul National Cheile Bicazului – Lacul Roșu – Munții Hășmaș	17.355	Plante endemice care populează văile din jurul Lacului Roșu sunt: omagul (*Aconitum tauricum)*, barba ungurului *(Dianthus kitaibelii),* firuța endemică (*Poa rehmannii*), ovăsciorul carpatic (*Avenastrum decorum)*, etc

Parcul Natural din Munții Bucegi	35.700	S-au identificat 1185 de taxoni, dintre care 31 de taxoni sunt noi.
Parcul Național Munții Măcin	11.321	Sunt întâlnite mai multe elemente floristice rare sau endemice; printre care: clopoțel dobrogean (*Campanula romanica*), capul-șarpelui (*Echium russicum*), garofiță pitică (*Dianthus nardiformis*), merineană (*Moehringia jankae*), ouăle popii (*Himantoglossum caprinum*), turiță (*Agrimonia pilosa*), coada șoricelului (*Achillea leptophylla, Achillea ochroleuca*), hajmă păsărească (*Allium flavum ssp. tauricum*), etc.
Parcul Național Buila Vânturarița	4.168	Sunt întâlnite mai multe specii floristice (unele endemice sau aflate pe lista roșie a IUCN), printre care: brie (*Athamanta turbith ssp. hungarica*), angelică (*Angelica archangelica*), ștevie de munte (*Astrantia major*), piperul-lupului (*Asarum europaeum*), arnică (*Arnica montana*), floare-de-perină (*Anthemis tinctoria ssp. fussii*), etc.

Consolidarea în continuare a acestor eforturi de protejare a biodiversității este necesară prin extinderea rețelei de arii protejate, formularea unor planuri de gestionare a zonelor protejate bazate pe resursele naturale, implementarea unor proiecte de dezvoltare socio-ecologice, adiacente zonelor protejate pentru creșterea veniturilor locale a locuitorilor care trăiesc în aceste areale, și implicarea lor în eforturile de conservare, eliminarea activităților care duc la pierderea biodiversității, inclusiv distrugerea habitatului, supraexploatarea plantelor din natură și poluarea;

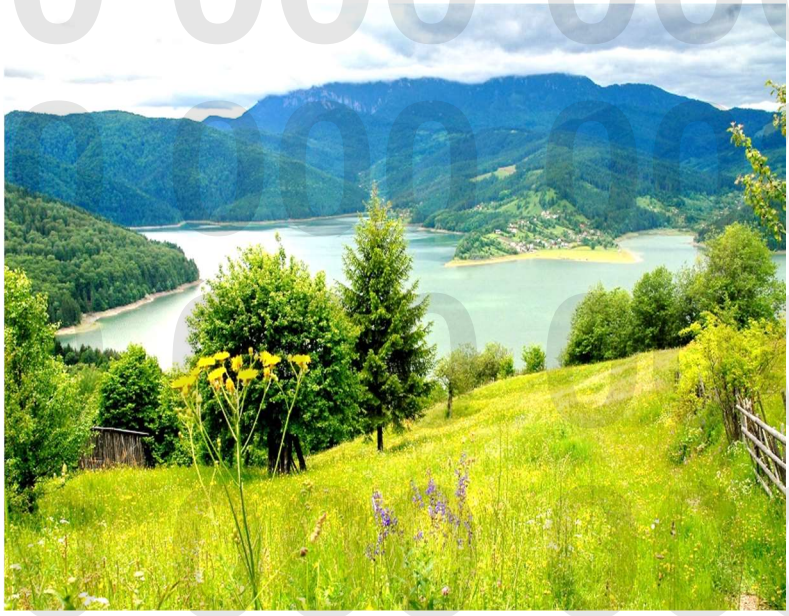


Foto 11.4. Parcul Național Retezat

11.6.2. Conservarea *„in situ on farm”*, a varietăților locale, tradiționale

România este una dintre puţinele ţări europene în care agro-ecosistemele tradiţionale reprezintă rezervoare semnificative pentru conservarea *„in situ”* a diversităţii genetice a plantelor de cultură. Menţinerea acestei diversităţii la nivelul gospodăriilor individuale ale ţăranilor constituie elementul cheie pentru obţinerea de producţii stabile, cu deosebire pentru cei cu resurse materiale limitate, care practică o agricultură mai puţin intensivă şi trăiesc în zone îndepărtate, izolate, din depresiunile muntoase. În plus, existenţa acestei germoplasme valoroase este o garanţie şi o sursă genetică pentru crearea unor varietăţi moderne cu productivitate ridicată (Raportul Național FAO, 2008).

Este cunoscut că, în România, după cei 40 de ani de agricultură cooperativizată, diversitatea agroecosistemelor a scăzut destul de

drastic, ca o consecinţă a eroziunii genetice, şi doar în anumite comunităţi rurale izolate, din depresiuni montane, se mai păstrează populaţii locale şi varietăţi tradiţionale ale principalelor plante de cultură.

Datorită schimbărilor profunde care afectează toate sectoarele vieţii din România, eroziunea genetică este tot mai accelerată în aceste zone, iar păstrarea varietăţilor tradiţionale, mai puţin productive, dar purtătoare ale unor caracteristici valoroase, ar trebui susţinută şi promovată atât din punct de vedere financiar cât şi legislativ, prin realizarea următoarelor acţiuni:

1. Localizarea, inventarierea şi evaluarea diversităţii genetice a varietăţilor tradiţionale ale unor specii de plante importante din punct de vedere socio-economic din zonele montane și depresiunile intramontane, cu un grad de izolare ridicat;
2. Conservarea şi utilizarea durabilă a biodiversităţii existente la nivelul gospodăriilor ţărăneşti din zonele montane şi submontane ale României;
3. Îmbunătăţirea calităţii vieţii şi asigurarea securităţii alimentare a comunităţilor rurale din România;
4. Promovarea calităţilor culinare ale varietăţilor locale în sistemul de agroturism, aflat în plină ascensiune, pe principiul *conservare prin utilizare pentru dezvoltare.*

În cadrul expediţiilor de colectare, specialiştii Băncii de Gene Suceava, au constatat că sisteme de agricultură tradiţională, bazată pe vechi varietăţi locale de grâu, porumb, fasole, cartof, bob, sau diferite specii de legume, se mai pot găsi în trei zone ecogeografice: Bucovina, Maramureș și Munții Apuseni.

Principala grijă a agricultorului român este să asigure securitatea alimentară familiei sale, nu de a conserva diversitatea genetică. Aceştia sunt direct responsabili de selecţia seminţelor pentru cultura din anul

următor. Micii producători au o sarcină permanentă de conservare a propriilor seminţe pentru că ei sunt cei care trebuie să ia diferite decizii în cadrul mediului socio-economic şi cultural unde convieţuisc.

În satele româneşti, principalul rol în menţinerea populaţiilor locale aparţine femeilor, implicându-se în mod direct în menţinerea şi multiplicarea populaţiilor locale ce aparţin tuturor speciilor de plante cultivate într-o gospodărie. Femeia se preocupă pentru schimbul de seminţe atât la nivel local cât şi regional, procurând din timp material semincer, pentru anul următor de cultură. Femeia reprezintă o mână de lucru improtantă în agricultură, bărbatul lucrând de cele mai multe în industrie, servicii, sau este plecat la lucru în străinătate. După cum se cunoaşte femeia are un rol important în păstrarea tuturor speciilor de plante ce le utilizează în consumul propriu sau dacă rezultă un surplus îl valorifică prin vânzarea în pieţele locale sau zonale, târguri tradiţionale, sau face schimb cu alte produse, (de ex. în multe localităţi din vestul țării, seminţele de dovleac, porumb, grâu, etc. se folosesc pentru a procura zahăr, ulei, etc.). Ele sunt cele care asigură o bună conservare a tuturor varietăților tradiționale, selectând fructele sau semințele după formă, mărime, culoare şi calitate. De aceea, se poate spune că femeia are un rol important în comunitate ca adminsitrator, consumator şi protector al biodiversităţii.

Pentru realizarea unei conservări durabile a varietăților locale, în comunitățile rurale, sunt necesare trei condiţii importante:

1. Promovarea activităţii de conservare „on farm”;
2. Managementul şi monitorizarea activităţii de conservare „on farm”;
3. Stabilirea unei strategii pe termen scurt şi lung pentru dezvoltarea activităţii de conservare ”on farm”.

1. Promovarea activităţii de conservare "on farm"

Pentru promovarea conservării populaţiilor locale la nivelul fermelor, trebuie să ţinem cont de următoarele cerinţe:

- Necesitatea realizării unui studiu ecogeografic în vederea stabilirii unei strategii de conservare cât mai adecvată;
- Inventarierea speciilor și a populațiilor locale aflate în pericol de extincție;
- Stabilirea obiectivelor specifice conservării "on farm" ţinându-se cont atât de componentele conservării "ex situ" cât şi „in situ";

2. Creșterea vizibilității acțiunilor de conservare "on farm" prin implicarea organizațiilor neguvernamentale în realizarea de ateliere, workshopuri, întâlniri, cu fermierii și cu factorii de decizie locali și regionali.

3. Managementul şi monitorizarea activităţii de conservare „on farm"

În contextul actual, realizarea unui plan managerial pentru conservarea „on farm" poate depinde de locaţie, speciile existente în, comunitățile locale, persoanele implicate în această activitate, resursele disponibile, răspunzând următoarelor cerinţe:

- Utilizarea rezultatelor studiilor eco-geografice şi ale diversităţii, incluzându-se o listă cu locaţii potenţiale şi specii ce necesită conservare "on farm";
- Descrierea biomentrică şi genetică a populaţiilor din locaţiile stabilite (harta distribuţiei populaţiilor, densitatea acestora în cadrul locaţiei, detalii despre parcticile agricole ale agricultorilor, relaţiile populaţiilor luate în studiu cu alte culturi în cadrul sistemului de cultivare folosit, diversitatea genetică în cadrul locaţiei ţintă);

- Identificarea unor locaţii potenţiale unde se conservă varietățile tradiționale, incluzând şi o listă a potenţialilor parteneri (agricultori);
- O evaluare preliminară a modului de utilizare a varietăților locale de către agricultori, a posibilei extincţii a acestora (eroziunea genetică) şi cauzele potenţiale ale pierderii diversității genetice;
- Stabilirea unor întâlniri de lucru între agricultori şi cercetători, în vederea realizării unor studii în locaţiile ţintă;
- Efectuarea unei strategii pentru conservarea diversităţii genetice, în vederea monitorizării atât a cauzelor eroziunii genetice cât şi a efectelor unor posibile intervenţii asupra diveristăţii genetice;

4. ***Stabilirea unei strategii pe termen scurt şi lung pentru dezvoltarea activităţii de conservare "on farm"***

Pentru menţinerea acestei agrobiodiveristăţi în România, care are un nivel mult mai ridicat decât în multe alte ţări europene, datorită condiţiilor climatice, a reliefului foarte variat şi a păstrării tradiţiilor de către poporul român, este necesară acordarea unei atenţii sporite activităţii de conservare "on farm" prin implicarea unor factori de decizie şi a echipelor multidisciplinare de cercetători.

De aceea, pentru a putea discuta despre o reală conservare "on farm" în România, a formelor locale ce aparţin tuturor speciilor de plante de cultură, referindu-ne în special la acele specii (ex. *Triticum monococcum*, *Vicia faba, Fagopyrum sagitatum*) sau populaţii locale pe cale de disparţie şi menţinerea acestora în locaţiile unde s-au adaptat cel mai bine condiţiilor de mediu, trebuie să se ţină cont de:

- Necesitatea obţinerii de către agricultori a unor beneficii reale prin cultivarea populaţiilor locale;
- Creşterea accesului pe piaţă a populaţiilor locale sau crearea unor pieţe exclusive pentru populaţii locale;

- Promovarea agro-eco-turismului;
- Accesul agricultorilor la populaţii locale şi stabilirea unor reţele de schimb de seminţe;
- Introducerea unor subvenţii indirecte (asigurarea unor servicii locale, construcţii de drumuri), sau directe (recompense în bani) pentru agricultorii ce cultivă populaţii locale;
- Stimularea agricultorilor care asigură a conservare sustenabilă a speciilor ţintă, în cadrul sistemului agricol tradiţional, din localităţile stabilite ca centre de agrodiveristate;
- Identificarea regiunilor unde se poate iniţia atât conservarea ”ex situ” cât şi cea ”on farm”. Pentru combinarea acestor două activitaţi, localităţile respective trebuie să răspundă unor cerinţe, cum ar fi:
    - O diversitate genetică ridicată în cadrul locaţiei;
    - Comunitatea să fie ineteresată de utilizarea diversităţii genetice și reducerea eroziunii genetice;
    - Identificarea persoanelor ţintă din comunitățile rurale care vor să conserve și să mutliplice varietățile locale.

Pentru mulţi factori de decizie din România, conservarea „on farm” e un termen destul de nou, şi nu se acordă importanţa necesară acestei activităţi, dar de felul cum vom şti să gestionăm agrobiodiversitatea din România, vom avea asigurată, hrana de zi cu zi a tuturor românilor pentru generaţiile noastre cât şi pentru cele viitoare.

Foto 11.5. Conservarea varietăților locale în loc. Vatra Moldoviței, Jud. Suceava

11.6.3. Conservarea *ex situ* a resurselor genetice vegetale în România

În România conservarea „ex situ" a resurselor genetice vegetale, se realizează în grădini botanice, în instituțiile de cercetare agricolă, legumicolă, pomicolă și viticolă și la Banca de Resurse Genetice Vegetale „Mihai Cristea" Suceava (BRGV Suceava). Singura unitate care păstrează resursele genetice vegetale, utile pentru agricultură și alimentație, în condiții controlate de mediu, pe durată medie și lungă de timp este BRGV Suceava.

11.6.3.1. Conservarea resurselor genetice vegetale în grădini botanice

În Romania există grădini botanice cu plante specifice zonelor țării noastre, dar și cu plante exotice. Gradinile botanice nu sunt

deschise numai pentru plăcerea vizitatorilor, ele au la bază scopuri științifice de documentare și de conservare a diferitelor specii de plante rare.

Grădina Botanică „Anastasie Fătu" din Iași (foto 11.5.)

Istoria zbuciumată a acestei grădini face din locul dedicat plantelor unul mult mai deosebit decat oricare altul din țară. Cea mai veche grădină botanică de la noi din țară a fost înființată în anul 1856 de catre medicul Anastasie Fătu, din fonduri proprii, la Iași. După mai multe incercari de relocare, în 1963 Grădina botanică este mutată pe Dealul Copoului, în locul în care se află și astăzi. Grădina a fost concepută şi organiizată ca instituţie reprezentativă pe plan naţional, în suprafață de 88,7 ha, însumează peste 6000 de taxoni, având funcţii multiple: didactică, ştiinţifică, recreativ-culturală, igienico-sanitară şi de conservare a fondului genetic de plante indigene. Grădina cuprinde următoarele secţii: Sistematică, Fitogeografică, Complexul de Sere, Flora şi Vegetaţia României, Silvostepa Moldovei, Biologică, Plante Utile, Dendrarium, Ornamentală şi Rosarium.

Gradina Botanica "Dimitrie Brandza" din București (foto 11.6.) A fost înființată în anul 1860. Acoperă o suprafață de 17,5 ha și gestionează colecţii de plante (vii şi conservate), bine identificate, pe care le foloseşte în scopul instruirii studenţilor, cercetării stiinţifice, a conservării fitodiversităţii, educaţiei pentru mediu şi informării publicului. Astfel, la sfârşitul anului 2016 colecţiile de plante vii adăpostite cuprindeau circa 3500 unităţi taxonomice.

Grădina Botanică "Alexandru Borza" din Cluj (foto 11.7.). Se întinde pe o suprafaţă de 14 ha, teren cu con-figuraţie variată, potrivit pentru creşterea şi dezvoltarea plantelor de pe diferite continente. Aici sunt cultivate circa 10.000 de categorii specifice, grupate, pentru o mai bună administrare, în mai multe sectoare: ornamental, fitogeografic, sistematic, economic, complexul de sere şi sectorul destinat persoanelor cu deficienţe de vedere – creat relativ recent pentru

a veni în întâmpinarea necesităţilor exprimate în repetate rânduri de către comunitate.

Pe lângă cele trei grădini botanice prezentate mai sus, mai sunt și altele care au fost înființate în ultimii 50 de ani, dar care au același scop nobil, de protejare a biodiversității:

- Gradina Botanică “Vasile Fati” din Jibou, județul Salaj este o grădină mai nouă, înființată abia în 1968, dar care ocupă o suprafață de 24 de hectare și în care găsim specii exotice lemnoase, plante tropicale, o colecție de palmieri, un parc zoo, o grădină japoneză și un acvariu.
- Gradina Botanică “Răsvan Angheluță” din Galați, înființată în 1990, ocupă o suprafață de 18 hectare și cuprinde colecții de plante tropicale și subtropicale și peste 300 de soiuri de trandafiri.
- Gradina Botanică a Palatului Copiilor din Tulcea, înființată în 1983, are o suprafață de 12 hectare și cuprinde 1000 de specii de plante.
- Gradina Botanică “Alexandru Buia” din Craiova, a fost inființată în anul 1952 din inițiativa și sub îndrumarea prof. univ. Al. Buia. Acoperă o suprafață de aproximativ 17 ha și cuprinde 3.000 de exemplare de foioase si conifere și 900 de specii exotice.

11.7. Conservarea resurselor genetice vegetale la Banca de Resurse Genetice Vegetale „Mihai Cristea”, Suceava (BRGV Suceava)

Calde mulțumiri colegilor de la BRGV Suceava pentru sprijinul acordat la realizarea acestui subcapitol

Începând cu anul 1990 s-au pus bazele conservării *ex situ* în condiții controlate de mediu, a resurselor genetice vegetale de pe întreg teritoriul României. Astfel, la inițiativa fondatorului Băncii de Resurse Genetice Vegetale, Mihai D. Cristea, care afirma în una din lucrările sale „*Resursele genetice reprezintă bogăția unei națiuni a căror valoare inestimabilă trebuie sa fie in grija generațiilor de astăzi şi a celor care vor veni după noi. Acordând atenție resurselor genetice vegetale acordăm atenție însăşi vieții noastre, copiilor noştri, națiunii noastre*” se înființează prima Bancă de Gene din România (foto 11.8), care are ca obiectiv principal explorarea, colectarea, evaluarea și conservarea *ex situ* a resurselor genetice vegetate în condiții adecvate, pentru asigurarea securității alimentare (Silvia Străjeru, 2019).

În concordanță cu rolul Băncii ca instituție care are ca scop de bază conservarea sustenabilă a resurselor genetice vegetale importante pentru agricultura românească și utilizarea lor în beneficiul societății și a mediului (Silvia Străjeru, 2019), obiectivele specifice ale Băncii sunt următoarele:

- Conservarea fondului genetic național, reprezentat de cele trei tipuri de colecţii: seminţe, plante vii în câmp şi plantule „in vitro”, în acord cu standardele internaţionale ale Băncilor de Gene;
- promovarea utilizării surselor de germoplasmă din colecții, prin asigurarea accesului și furnizarea de material biologic de bună

calitate, în scopul cercetării sau folosirii ca material inițial în programele de ameliorare a plantelor de cultură;

- promovarea conservării la nivelul comunităților locale (*in situ-on farm*) a populațiilor locale ale principalelor specii agricole prin furnizarea de material genetic, din colecțiile Băncii, persoanelor interesate de cultivarea varietăţilor tradiționale autohtone

Foto 11.8. Pavilionul Băncii de Resurse Genetice Vegetale „Mihai Cristea" Suceava

Activitățile desfășurate de personalul din unitate sunt axate pe:

- Colectarea resurselor genetice vegetale;
- Multiplicarea/regenerarea resurselor genetice vegetale;
- Caracterizarea și evaluarea resurselor genetice vegetale;
- Conservarea resurselor genetice vegetale;
- Distribuția germoplasmei către diverşi utilizatori.
- Managementul informațiilor aferente resurselor genetice vegetale stocate în Bancă;

11.7.1. Colectarea resurselor genetice vegetale

Laboratorul de colectare acționează în două direcții principale:

- Extinderea colecției „vii", constituită din eșantioane de semințe, plantule *in vitro* și plante vii în câmpul experimental;
- Îmbogățirea și diversificarea colecției „moarte", reprezentată de ierbar.

Înaintea fiecării expediții de colectare, membrii echipei de colectare (Diana Batîr Rusu și Dan Marius Șandru) realizează o documentare completă, referitoare la topografia, geologia, clima, solul, compoziția floristică punându-se accent pe distribuția speciilor vegetale, precum și pe unele aspecte socio-economice caracteristice zonelor ce urmează a fi explorate.

Până la nivelul anului 2019, echipele de colectare, din cadrul Băncii au colectat 7835 de probe, ce aparțin formelor sălbatice, populațiilor locale și soiurilor vechi scoase din cultură, din 1015 localități, situate în 38 de județe (foto 11.9.).

Banca are în colecție un număr de 439 de specii de plante, clasificate în următoarele categorii de cultură: cereale, leguminoase furajere, graminee perene, leguminoase furajere, legume, rădăcinoase și tuberculifere, plante industriale, medicinale și aromatice, ornamentale.

Prioritățile de colectare s-au schimbat de-a lungul timpului astfel încât, dacă inițial s-au colectat doar populații locale de cereale, leguminoase pentru boabe și cartof, în ultimii ani, obiectivele programelor de colectare s-au extins prin adăugarea unei game variate de specii, aparținând grupelor de plante medicinale, aromatice, furajere și ornamentale, pentru a îmbunătăți diversitatea inter- și intraspecifică la principalele plante de cultură cu importanță în agricultura României. De asemenea, în ultimii ani, a fost inițiată achiziția de material genetic de la instituțiile de cercetare și din piețe locale (Diana Batîr Rusu, 2019).

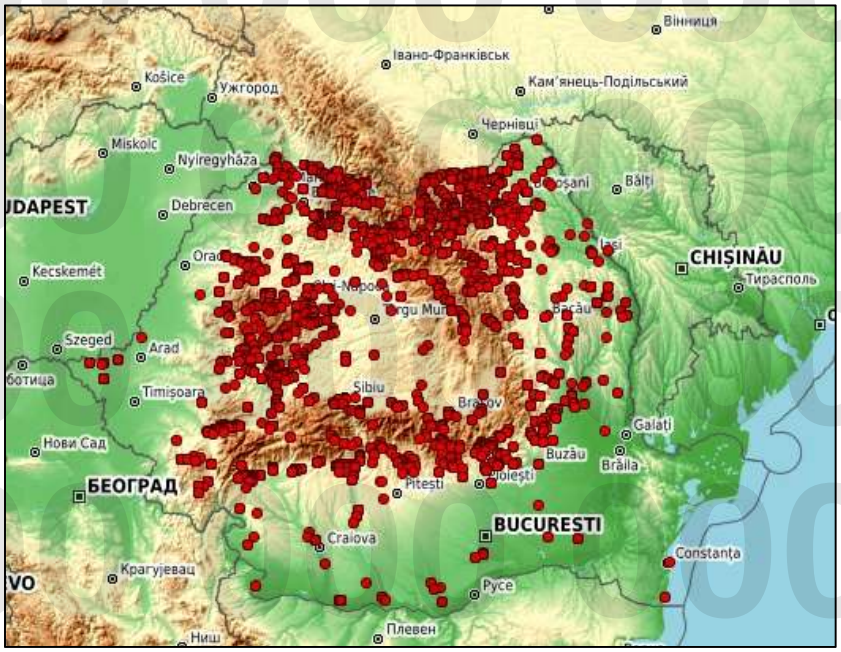


Foto 11.9. Localizarea probelor colectate din țară, în decursul celor 30 de ani de activitate

Misiunile de colectare organizate în fiecare an, în funcție de resursele financiare, au pus accent pe reprezentarea, cât mai fidelă în colecțiile băncii, a diversității intra și interspecifice a resurselor genetice vegetale existente la nivel național.

Pentru a diminua efectul procesului de eroziune genetică cauzat de fragmentarea puternică a suprafețelor de teren agricol, dar și de schimbările socio – economice ale ultimilor ani, activitatea de colectare s-a focalizat pe populații locale ale plantelor de cultură, în special a speciilor de legume și a plantelor medicinale. Luând în considerare ponderea plantelor de cultură colectate în decursul celor 30 de ani de activitate, se poate nota că două specii de plante sunt foarte bine reprezentate în colecția Băncii: *Zea mays (*5793 de probe) și *Phaseolus vulgaris (*3210 probe*)*.

Pe lângă colectarea de material genetic, au loc dialoguri cu localnicii, posesori de terenuri agricole, care conservă varietățile tradiționale, pentru a obține cât mai multe informații privind răspândirea populațiilor locale, metodele de cultivare, de uscare, și păstrare a acestora, selecția materialului săditor, condițiile pedoclimatice ale zonelor ecologice, condițiile socio - economice existente la nivelul gospodăriilor individuale; toate aceste informații fiind incluse în descriptorii *on farm (*Diana Batîr Rusu, 2019).

Prin explorarea zonelor geografice reprezentative ale țării, s-a observat că în România, în ultimii 10 ani, diversitatea ecosistemelor agricole a scăzut în mod dramatic. Dacă în anul 1990, în majoritatea satelor și cătunelor din România se găseau populații locale, în prezent sunt localități întregi unde localnicii nu mai cultivă populații locale, soiurile și hibrizii ocupând majoritatea suprafețelor. Doar în anumite localități izolate din depresiuni intramontane și din zonele de munte se mai păstrează populații locale ale principalelor plante de cultură.

Într-o stare destul de critică se află rasele locale de porumb (*Zea mays* L.), care până în anii ´70 ocupau suprafețe întinse. Datorită folosirii seminței hibride, aceste populații locale s-au impurificat, pierzându-și caracterul tipic de rasă, în prezent, existând în cultură doar două rase (Hângănesc și Moldovenesc) în câteva localități din județul Suceava, precum Frumosu, Moldovița, Pojorâta, Vama, Deia, Putna. Într-o situație similară se află și specia *Vicia faba* L., care până în anii ’90 se cultiva în toate gospodăriile satelor din zona de munte. În prezent se cultivă sporadic în cîteva localități din Bucovina (Pojorâta, Vama, Putna, Fundul Moldovei, etc.).

Aceeași problemă se înregistrează și la *Triticum monoccocum* L. (alac), o specie foaret veche, de pe vremea dacilor, identificată în anii ’80 în județele Alba, Cluj și Hunedoara, iar în anul 2008 se mai găsea doar în Localitatea Glod, Județul Alba.

Foto 11.10. Colectare de populații locale de porumb și de ovăz din Bucovina (localitățile Bilca și Izvoarele Sucevei, Jud. Suceava)

Cea mai gravă situație s-a întâlnit la in, cânepă, linte și hrișcă, unde extincția formelor locale a ajuns la 100 %.

Pe lângă colectarea de forme cultivate, periodic se organizează expediții de colectare în rezervațiile naturale ale României pentru colectarea de specii sălbatice, în special rude ale celor cultivate.

O parte majoră a ecosistemelor agricole este reprezentată de speciile vegetale spontane, dintre care, rudele sălbatice ale plantelor de cultură au importanţă fundamentală în dezvoltarea unei agriculture sustenabile, prin crearea de soiuri și hibrizi care să aibă înglobată în constiuția genetică rezistenţa la boli şi dăunători, toleranţa la anumiți factori abiotici - temperaturi extreme, secetă şi inundaţii, îmbunătăţirea calităţii nutriţionale, etc.

Având în vedere acest lucru, BRGV Suceava are ca scop colectarea speciilor sălbatice și introducerea în colecția națională a materialului genetic sub formă de sămânță.

În ultimii 14 ani, BRGV Suceava a organizat diferite misiuni de colectare, coordonate de *Dan Marius Șandru*, care au acoperit multe zone ecologice cu diversitate mare de ecotipuri sălbatice, amplasate în exteriorul sau în interiorul ariilor protejate.

Zonele din care s-au colectat majoritatea probelor de specii sălbatice sunt: Parcul Natural Munții Maramureșului, Parcul Natural Apuseni, Parcul Natural Bucegi, Rezervația botanică Ponoare, Rezervaţia Naturală Pietrele Doamnei-Rarău, Parcul Natural Lunca Mureșului, Parcul Național Domogled - Valea Cernei,

În perioada sus menționată, au fost colectate și introduse în colecția BRGV Suceava, un număr de 551 probe de semințe aparținând unui număr de 36 de genuri (preponderente fiind: *Festuca, Trifolium, Poa, Phleum, Thymus* si *Dactylis)* si care includ 69 de specii.

În Bancă există de asemenea, o „colecție moartă" reprezentată de ierbarul Băncii. Specimenele din ierbar sunt studiate utilizând date morfologice, corologice, ecologice, fitocenologic și fitopatologice după care sunt așezate în rafturile dulapurilor în funcție de clasificarea acestora în unitățile sistematice și pe baza gradului de înrudire și de evoluție filogenetică. Numărul total de intrări în Herbarium este 1560, care acoperă 650 de specii de plante vasculare clasificate în 37 de ordine taxonomice; 120 de familii și 315 genuri, precum și 35 specii de mușchi și licheni reprezentând 9 familii și 20 de genuri (Dan Marius Șandru, 2019).

Mostrele plantelor sălbatice din colecţia ierbarului Băncii sunt considerate un „sistem de referinţă" pentru determinarea ariei de distribuţie şi a compoziţiei floristice, a diferitelor ecosisteme terestre precum şi a biomurilor existente având ca scop monitorizarea acestora pe întreg arealul României în vederea conservării "*in situ*" a plantelor rare sau a celor aflate pe cale de dispariţie (Dan Marius Șandru, 2019).

Foto 10.11. Colectarea de mostre pentru ierbar

Foto. 11.12. Ierbarul Băncii de Gene Suceava

11.7.2. Multiplicarea și regenerarea resurselor genetice vegetale

Un segment important din activitatea Băncii este ocupat de regenerarea și multiplicarea probelor de seminţe care alcătuiesc colecţia activă, cele două acţiuni fiind necesităţi permanente ale ultimilor ani (Danela Murariu, 2019).

Regenerarea presupune reînnoirea unei probe de seminţe prin cultivarea acesteia în câmp astfel încât prin creştereaşi dezvoltarea sa, va da naştere la un genotip care după recoltare va poseda aceleaşi caracteristici ca şi cel original.

Regenerarea semințelor se realizează atunci când procentul de germinaţie a scăzut sub nivelul minim acceptat de standardele FAO/IPGRI, privind conservarea genetică a seminţelor

Multiplicarea reprezintă creşterea numărului de seminţe prin reînmulţire în câmp, încât să rezulte o populaţie genetică cu aceleaşi trăsături ca şi cea iniţială. Probele trebuie multiplicate când stocul de semințe disponibil nu este suficient pentru conservare și distribuție.

Annual în Bancă se reînmulțesc în câmpul experimental și în sere, peste 700 de probe (foto 11.13.).

Pentru majoritatea speciilor există ghiduri de multiplicare și regenerare, dezvoltate și editate de cercetătorii din unitate în anul 2012.

Pentru realizarea în condiţii adecvate a operaţiilor de multiplicare şi regenerare trebuie ţinut cont de:

- reducerea efectului selecției și a numărului de reînmulțiri;
- folosirea unui număr suficient de seminţe pentru evitarea driftului genetic;
- respectarea condiţiilor de izolare pentru plantele alogame;
- înlăturarea contaminării probelor de seminţe în timpul semănatului şi recoltării.

Foto 11.13. Vedere generală din câmpul experimental al Băncii (2019)

11.7.3. Caracterizarea și evaluarea resurselor genetice vegetale

Această activitate ajută la individualizarea unei probe şi la descrierea identităţii sale, realizându-se în parcele de regenerare (specii autogame) sau în parcele separate (specii alogame).

Pentru fiecare specie se foloseşte o listă minimă de descriptori, publicată de Programul European de Cooperare privind Resursele Genetice Vegetale (ECPGR) și completată cu însuşiri de interes pentru amelioratori. Descriptorii conțin informaţii generale, referitoare la caracterele ereditare, independente, sau influențate într-o oarecare măsură de factorii de mediu, rezultatul fiind diferenţierea rapidă şi uşoară între fenotipuri (Danela Murariu, 2019).

Caracterizarea și evaluarea germoplasmei vegetale conservată în Bancă este o activitate complexă şi esenţială, ale cărei rezultate se observă în creșterea ratei de utilizare și de valorificare a germoplasmei conservate, fiind în atenție varietățile tradiționale și probele unice ale speciilor de plante de interes pentru agricultura românească.

Până în anul 2019, echipa de curatori (Silvia Străjeru, Danela Murariu, Dana Constantinvici, Domnica Daniela Plăcintă, Diana Batâr Rusu, Marius Dan Șandru, Dan Mihai Giurcă) a Băncii a caracterizat un număr de 4800 de probe ce aparțin la 20 de specii de plante.

Evaluarea secundară a resurselor genetice vegetale

Este o activitate laborioasă care necesită forță de muncă și resurse financiare suplimentare. Prin urmare, această activitate este efectuată atunci când există finanțare din proiecte naționale și internaționale. În funcție de proiectele în derulare și resursele financiare existente, se realizează un plan de lucru care include speciile și numărul de eșantioane ce urmează a fi evaluate. În perioada 2015-2019, curatorii Băncii au fost parteneri în mai multe proiecte de cercetare care au avut în derulare următoarele activități:

- caracterizarea morfo-fiziologică a unui fond genetic legumicol, originar din România; proiect finanțat de MADR (*Regenerarea, multiplicarea şi caracterizarea unor varietățilocale legumicole, cu caracter unic*, 2015-2018) (ADER 3.1.4.);

- evaluarea în condiții de câmp, a rezistenței la principalele boli foliare a probelor unice de orz de toamnă și de primăvară originare din România, proiect internațional finanțat de ECPGR (*Identification and updating of C&E data in EBDB ofAEGIS Hordeum,* 2015-2016);
- caracterizarea morfo-fiziologică a probelor unice de grâu și secară originare din România, proiect internațional finanțat de ECPGR (*TRISECA: Updating data of eligibleAEGIS accessions in both wheat and ryespecies*, 2017-2018);
- Colectarea și caracterizarea probelor de plante medicinale originare din România, proiect internațional finanțat de ECPGR (*MAP-EUROCOLLECTION – Promoting the implementation and the establishement of the European MAP collection,* 2018-2019);
- Evaluarea susceptibilității unor specii de plante de cereale și leguminoase pentru boabe, la bolile ce apar în timpul perioadei de vegetație, în condițiile intercalării în cultură a acestora; proiect finanțat de la bugetul de stat (*Utilizarea diversității genetice a culturilor în managementul integrat al bolilor, dăunătorilor și buruienilor pentru reducerea daunelor, vulnerabilității genetice și consolidarea rezistenței ecosistemelor sub impactul schimbărilor climatice*, 2019 - 2023).

Foto 11.14. Populație locală de *Phaseolus coccineus* originară din Loc. Vama, Jud. Suceava

Foto 11.14. și 11.15. Control fitosanitar în câmpul experimental

Controlul fitosanitar al resurselor genetice vegetale se realizează prin două acțiuni principale (Domnica Daniela Plăcintă, 2019):

- *Monitorizarea stării de sănătate a plantelor în perioada de vegetație* în parcelele de multiplicare/regenerare, în scopul identificării organismelor dăunătoare (ciuperci, insecte), stabilirii gradului de atac al bolilor și dăunătorilor și aplicării de măsuri chimice pentru prevenire și combatere.

  Monitorizarea stării de sănătate include:
  - efectuarea inspecției periodice în câmp și în sere pentru estimarea daunelor produse de fungi și dăunători;
  - prelevarea probelor pentru analiză în laborator;
  - identificarea micromicetelor și dăunătorilor;
  - întocmirea fișelor de inspecție fitosanitară;
  - stabilirea celor mai bune scheme de tratament.
- *Controlul fitosanitar al probelor de semințe ce intră în colecția Băncii din diferite surse* (multiplicare, colectare, achiziții) prin teste de analiză sanitară, privind bolile și dăunătorii. Materialul genetic supus conservării poate fi frecvent infectat cu o serie de agenți patogeni cu sau fără simptome vizibile, inocul ce poate

reduce longevitatea, facultatea germinativă precum și răspândirea bolilor în câmpul experimental, în timpul procesului de regenerare/multiplicare. Două metode sunt utilizate pentru detectarea dăunătorilor și a agenților patogeni: examinarea vizuală și testul sugativei.

- examinarea vizuală – o metodă simplă de detectare a bolilor și dăunătorilor pe semințele uscate, cu ochiul liber sau sub lupă microscopică.
- testul sugativei - este similar testelor de germinație prin faptul că semințele sunt plasate pe straturi de hârtie de filtru umezită și incubate în condiții ce determină creșterea fungilor.

Probele de semințe testate sunt evaluate astfel: probe admise pentru conservare, cu semințe sănătoase (fără boli și dăunători), probe atacate de diferiți dăunători de depozit (aplicare produse chimice fumigene), probe slab atacate de patogeni, cu semințe puține (multiplicare în câmpul experimental sau sere), probe puternic deteriorate de fungi și dăunători (improprii pentru conservare).

Testarea şi monitorizarea germinației semințelor

Menţinerea unei viabilităţi adecvate a semințelor este esenţială pentru sustenabilitatea colecţiilor de seminţe, conservate *ex situ*. În cadrul BRGV Suceava, evaluarea viabilităţii seminţelor se realizează prin efectuarea testului standard de germinaţie, conform normelor Asociaţiei Internaţionale de Testare a Seminţelor (ISTA). Eşantioanele de seminţe sunt testate atât la intrarea în Bancă, cât şi periodic, pe toată durata depozitării, astfel încât scăderea viabilităţii sub limita admisă de standarde, să fie surprinsă şi în consecinţă, aceste probe să fie incluse într-un plan de regenerare. Monitorizarea seminţelor se face o dată la zece ani pentru colecţia de bază, în timp ce la probele din colecţia activă,

păstrate pe termen mediu, facultatea germinativă este controlată o dată la 5 ani (Camelia Golea, 2019).

11.7.4. Conservarea resurselor genetice vegetale

Conservarea, ca activitate primordială a Băncii (Dana Constantinovici, 2019), constă în menținerea probelor individuale în condiții controlate, pentru a-şi păstra viabilitatea şi stabilitatea genetică o perioadă cât mai îndelungată. Pentru realizarea acestor cerințe, la BRGV Suceava se folosesc trei metode de conservare specifice:

- 1. seminţe;
- 2. *in vitro*;
- 3. colecție de câmp

Probele de seminţe, la intrarea în colecţia unității trebuie să urmeze o anumită succesiune de operaţiuni pentru a obţine un material genetic reprezentativ şi de înaltă calitate, cu potenţial maxim de viabilitate.

Toate activitățile sectorului de conservare sunt axate pe îndeplinirea următoarelor *obiective*:

- extinderea colecțiilor genetice provenite din:
  - ✓ colectare;
  - ✓ preluarea colecțiilor de lucru de la diferite unități din țară;
  - ✓ schimb cu instituții din țară și străinătate.
- asigurarea securității colecțiilor atât în fazele de procesare, cât și în timpul depozitării, prin monitorizarea parametrilor fizici (temperatură și umiditate relativă a aerului) din camerele de păstrare, pe baza unui program asistat de computer;
- facilitarea accesului la materialul vegetal prin:

- ✓ distribuirea de probe de semințe către utilizatorii interni în vederea evaluării morfo-fiziologice, pentru regenerare, multiplicare și efectuarea testelor de germinație;
- ✓ distribuirea de probe de semințe către alți utilizatori din țară sau străinătate.

Introducerea semințelor ce se înmulțesc pe cale sexuată, în depozitul rece al Băncii presupune parcurgerea succesivă a mai multor etape care au ca scop final obținerea unui lot reprezentativ, de foarte bună calitate și cu un potențial maxim de viabilitate (Dana Constantinovici, 2019).

O acțiune cu implicații majore asupra longevității și integrității genetice a materialului biologic inclus în colecții este operația de uscare a seminţelor. În acest scop, Banca dispune de o cameră de uscare, în care se realizează desicarea lentă a seminţelor până la atingerea unui prag plasat în intervalul 4-8% conţinut de umiditate, prin adoptarea procedeului de *uscare în strat subţire* (foto 11.16.).

Foto 11.16. Echipament de uscare a semințelor (dreapta) și dispunerea semințelor în strat subțire, pentru o uscare eficientă (stânga) (Foto D. Constantinovici)

Seminţele se usucă până ajung la umiditatea de 8% pentru conservarea pe durată medie şi 6% pentru conservarea de lungă durată. În funcție de dimensiunile semințelor, durata de uscare, variază în funcţie de umiditatea iniţială şi de grosimea stratului de uscare, de la 3 la 6 săptămâni.

În prezent, Banca de Gene Suceava deţine două tipuri de colecţii de seminţe:

1. **colecţia de bază** (pentru depozitarea pe termen lung – 100 de ani), a cărei constituire a fost începută în anul 2001, prin duplicarea materialului, proaspăt regenerat, din colecţia activă, precum şi a eşantioanelor originale aduse din expediţiile de explorare şi colectare, este considerată rezerva genetică națională a României. Colecţia constă din 5900 de probe aparținând la 81 de specii de plante, cele mai bine reprezentate fiind *Zea mays* L., *Triticum aestivum* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Viciafaba* L., *Linum usitatissimum* L., *Avena sativa* L. (Foto 11.17 și 11.18.).
2. **colecţia activă** (pentru depozitarea pe termen mediu) acoperă diversitatea genetică a tuturor culturilor relevante pentru agricultura românească, destinate utilizării directe sau indirecte. Colecţia este formată din 386 de specii cu 17.225 de intrări (Foto 11.19.).

Instalaţiile de depozitare şi condiţiile operaţionale, pentru conservarea seminţelor în cele două tipuri de colecţii sunt prezentate în tabelul (11.2.).

Tabelul 11.2.

Condiţii de pastrare a colecţiilor de seminţe, la BRGV Suceava

Tipul de colecţie	Număr celule pentru depozitare	Temperatura de depozitare	Containere folosite pentru împachetarea seminţelor
Activă	4	$+4^0$C	Borcane de sticlă, de diferite dimensiuni
De bază	3	-20^0C	Plicuri din folie de aluminiu

Foto 11.17. Pungi din folie de aluminiu pentru conservarea seminţelor în colecţia de bază

Foto 11.18. Celule de conservare pentru colecţia de bază

Foto 11.19. Cameră de conservare pentru colecţia activă

Conservarea „in vitro" a resurselor genetice vegetale

Tehnicile de cultură a ţesuturilor sunt de mare interes pentru colectarea, înmulţirea şi depozitarea germoplasmei plantelor, oferind posibilitatea de a propaga materialul vegetal cu rate mari de înmulţire, într-un mediu aseptic (Dana Constantinovici, 2019).

BRGV Suceava a folosit această tehnică de conservare pentru populațiile de cartof menținute și în câmp.

Conservarea *in vitro* este cea mai utilizată modalitate de gestionare a colecţiilor de materiale clonate, fiind singura metodă care permite eradicarea bolilor virotice, facilitând producerea şi distribuția genotipurilor libere de patogeni.

Colecţia de câmp este principala sursă de material biologic pentru metodologia de conservare *in vitro* a cartofului. Această tehnică este a doua opţiune pentru depozitarea pe termen mediu a soiurilor de cartofi, fie ca plantule, sau microtuberculi.

În prezent, colecţia de cartof *in vitro* este formată din 95 de genotipuri locale, originare din România.

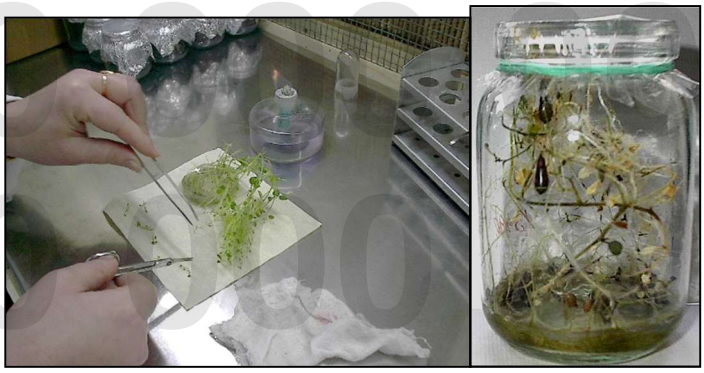


Foto 11.20. Fragmentarea plantulelor de cartof, în condiții aseptice pentru plasarea pe mediu de cultură (stânga); Micotuberculi de cartof (dreapta). (Foto Dana Constantinovici)

Conservarea în câmp a resurselor genetice vegetale prin cultivare repetată în fiecare an – este un mod de conservare a speciilor propagate vegetativ, ce se utilizează la BRGV Suceava, în special pentru a păstra genotipurile vechi de cartof și usturoi (Dana Constantinovici, 2019).

Colecția de câmp cuprinde 285 de varietăți locale de cartof și 73 de usturoi.

11.7.5. Distribuția germoplasmei către diverși utilizatori

Banca de Gene Suceava asigură accesul la colecţiile sale şi oferă material genetic tuturor utilizatorilor, pe bază de SMTA (Standard Material Transfer Agreement), atunci când solicitanții sunt amelioratori, cercetători, studenți, etc. sau prin Acordul SVGB Suceava, în cazul cultivatorilor locali, interesați să cultive varietăți tradiționale în grădinile proprii (Dana Constantinovici, 2019).

În anul 2019, au fost distribuite utilizatorilor externi un număr de 11.055 de probe (tabelul 11.3.)

Tabelul 11.3.

Destinații ale materialului genetic eliberat din colecţia activă în anul 2019

Destinația	Nr. probe
Semănat în câmpul experimental și în seră	300
Monitorizarea germinației	613
Instituții de cercetare din țară și străinătate pe bază de SMTA	42
Persoane fizice din țară sau străinătate	9950
Colecția duplicat (pentru Svalbard)	150
TOTAL	**11055**

Din tabel se observă că, cel mai mare număr de probe a fost expediat către persoane fizice din țară și străinătate (9950 de probe).

Distribuţia populațiilor locale pentru persoane fizice a început, în anul 2009, datorită interesului oamenilor de a reveni la populațiile locale care sunt mult mai bine adaptate condițiilor de cultură din țară și a gustului mult mai bun a multor legume, în comparație cu soiurile și hibrizii aflați în cultură. Pe site-ul Băncii, www.svgenebank.ro, a fost postat Acordul SVGB şi a fost creat un link către un „formular de comandă", care este activ în două perioade ale anului, respectiv 16 august - 15 septembrie pentru culturile de toamnă şi din 15 noiembrie până în 15 ianuarie, pentru culturile de primăvară. Toate informaţiile legate de utilizatori pot fi găsite în baza de date a Băncii. Probele de seminţe au fost trimise în peste 3500 de localităţi, distribuite în toate cele 41 de judeţe româneşti, aşa cum este prezentat în Fig. 11.21. Au fost solicitate eşantioane de seminţe, mai ales din grupa legumelor şi a leguminoaselor pentru boabe, în vederea iniţierii unor culturi cu varietăți locale, tradiţionale (Dana Constantinovici, 2019).

Fig. 11 21. Numărul de probe de semințe distribuite din anul 2009 până în 2019, în toate județele din România (Dana Constantinovici, 2019)

11.7.6. Managementul informațiilor aferente resurselor genetice vegetale stocate în Bancă

Departamentul de documentare este coordonat de inginerul IT *Cezar Ciobăniței*, având următoarele activităţi specifice:

- administrarea datelor de paşaport privind resursele genetice vegetale aflate în inventarul instituțiilor de cercetare agricolă din România;
- dezvoltarea de aplicații pentru gestionarea datelor privind colectarea, conservarea şi evaluarea resurselor genetice vegetale păstrate în colecţiile BRGV Suceava;
- dezvoltarea paginilor site-ului instituției (svgenebank.ro) și actualizarea informațiilor acestuia;
- actualizarea bazei de date a inventarului național pe serverul EURISCO;

Foto 11.22. Baza de date „BIOGEN" a BRGV Suceava

Bazele de date ale instituției sunt administrate printr-un program dezvoltat în cadrul BRGV Suceava (BIOGEN), în mediul Visual FoxPro, folosindu-se tehnologii moderne, cum ar fi programarea orientată pe obiecte (Cezar Ciobăniței, 2019).

BIBLIOGRAFIE

1. Abdalla AM, Reddy OUK, El-Zik KM, Pepper AE (2000), Genetic diversity amd relationships of diploid and tetraploid cottons revealed using AFLP, Theor. Appl. Genet. 102:222-229;
2. Ahuja M.R., Mohan S, (2015). Genetic diversity and erosion in plant, indicators and prevention.
3. Almekinders CJM, Louwaars NP, de Bruijn GH (1994) Local seed systems and their importance for an improved seed supply in developing countries. Euphytica 78:207–216;
4. Alheit KV, Maurer HP, Reif JC et al (2012) Genome-wide evaluation of genetic diversity and linkage disequilibrium in winter and spring triticale (x Triticosecale Wittmack). BMC Genomics 13:235;
5. American Phytopathology Society (2014) History: Classroom activities in plant biotechnology. https :/ /www.apsnet.org/ edcenter / K-12/ Teachers Guide/PlantBiotechnology/Pages/ History.aspx. Accessed 12 June 2014;
6. Anderson, E, and Cutler, C. (1942) An Bissouri Bot. Gdn, 29,69-88;
7. Anderson E, Brown WL (1952) Origin of corn belt maize and its genetic significance. In: Gowen JW (ed) Heterosis. Iowa State University Press, Ames, pp 124–148;
8. Andronescu, D. (1933), Porumbul. Institutul de Arte Grafice, Bucureşti;
9. Antinescu, (1932) Contribuţii la studiul porumburilor româneşti şi străine, Bucureşti;
10. Bacon RK (1991) Registration of ‘Ozark’ oat. Crop Sci 31:1383–1384;
11. Baird KM (2002) Pioneer Hi-Bred International v. J.E.M. AG Supply Patent protection of plants grows under the Supreme Court’s latest decision. Jour. Law Technol Policy 2002:269–280;
12. Bannister MH (1965) Sampling the pines of Guadalupe Island and Cedros Island. Internal Silviculture Report No. 49. Forest Research Institute, Rotorua, New Zealand;
13. Barry MB, Pham JL, Beavogui S, Ghesquiere A, Ahmadi N (2008)Diachronic (1979–2003) analysis of rice genetic diversity

in Guinea did not reveal genetic erosion. Genet Resources Crop Evol 55:723–733;
14. Bartlett E, Novak SJ, Mack RN (2002) Genetic variation in Bromus tectorum (Poaceae): differentiation in the eastern United States. Am J Bot 89:602–612;
15. Bashalkhanov S, Rajora OP (2008) Protocol: A high-throughput DNA extraction system suitable for conifers. Plant Methods 4:20;
16. Beatty GE, Reid N, Provan J (2014) Retrospective genetic monitoring of the threatened Yellow marsh saxifrage (Saxifraga hirculus) reveals genetic erosion but provides valuable insights for conservation strategies. Divers Distrib 20:529–537;
17. Becker J, Vos P, Kuiper M., Salamini F., Heun M, (1995) Combined mapping of AFLP and RFLP markers in barley. Bol. Gen. Genet. 249:65-73;
18. Bellon MR, Brush SB (1994) Keepers of maize in Chiapas, Mexico. Econ Bot 48:196–209 BBSRC (2011) Biotechnology and Biological Sciences Research Council: Enhancing diversity in UK wheat through a public sector prebreeding programme. http://www.wheatisp.org/PDFs/ LOLA.pdf and http://www.bbsrc.ac.uk/pa/grants/ Award Details. Aspx. Funding Reference = BB/I003207/1;
19. Bever J, Felber F (1992) The theoretical population genetics of autopolyploidy. Oxford Sur Evol Biol 8:185–217;
20. Bezancon G, Pham J-L, Deu M et al (2009) Changes in the diversity and geographic distribution of cultivated millet (Pennisetumglaucum (L.) R. Br.) and sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) varieties in Niger between 1976 and 2003. Genet Rour Crop Evol 56:223–236;
21. Bijlsma R, Loeschcke V (2012) Genetic erosion impedes adaptive responses to stressful environments. Evol Appl 5:117–129;
22. Bisht IS, Mehta PS, Bhandari DC (2007) Traditional crop diversity and its conservation on-farm for sustainable agricultural production in Kumaon Himalaya of Uttaranchal state: a case study. Genet Res Crop Evol 54:345–357;
23. Bolibok H, Rakoczy-Trojanowska M, Hromada A, Pietrzykowski R (2005) Efficiency of different PCR-based marker systems in assessing genetic diversity among winter rye (Secale cereale L.) inbred lines. Euphytica 146:109–116;

24. Bolibok H, Gruszczyn´ska A, Hromada-Judycka A, Rakoczy-Trojanowska M (2007) The identification of QTLs associated with the in vitro response of rye (Secale cereale L.). Cell Mol Biol Lett 12:523–535;
25. Bolibok-Bra˛goszewska H, Heller-Uszyn´ska K, Wenzl P et al (2009) DArT markers for the rye genome—genetic diversity and mapping. BMC Genomics 10:578;
26. Bolibok-Bra˛goszewska H, Zabierzewska N, Hromada-Judycka A, Krzewska L (2012) SSAP markers based on a novel Ty1-copia like element are a powerful tool for the assessment of genetic diversity in rye (Secale cereale L.) inbred lines. Cereal Res Commun 40:204–209;
27. Bolibok-Bra˛goszewska H, Targonska M, Bolibok L et al (2014) Genome-wide characterization of genetic diversity and population structure in Secale. BMC Plant Biol 14:184;
28. Bonafaus, N. (1836) Histoire naturelle agricole et economique du mais, Huzard, Paris;
29. Bonneuil C, Goffaux R, Bonnin I, Montalent P, Hannon C, Balfourier F, Goldringer I (2012) A new integrative indicator to assess crop genetic diversity. Ecol Ind 23:280–289;
30. Börner A, Korzun V (1998) A consensus linkage map of rye (Secale cereale L.) including 374 RFLPs, 24 isozymes and 15 gene loci. Theor Appl Genet 97:1279–1288;
31. Botnariuc N., 1974, 1992. Evoluționismul în impas? Edit. Academiei Române București.
32. Bronowski J (1973) The ascent of man. Little, Brown & Co., Boston, p 448 Brookes G, Barfoot P (2014) GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2012. PG Economics Ltd., Dorchester, p 189;
33. Brown AHD (2008) Indicators of genetic diversity, genetic erosion and genetic vulnerability for plant genetic resources for food and agriculture. Thematic Background Study for the Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. http://www.fao.org/docrep/013/i1500e/i1500e20.pdf;
34. Brown AHD, Briggs JD (1991) Sampling strategies for genetic variation in ex situ collections of endangered plant species 1. In:

Falk DA, Holsinger KE (eds), Genetics and conservation of rare plants. Oxford University Press, New York, pp 99–119;
35. Brown AHD (2008) Indicators of genetic diversity, genetic erosion and genetic vulnerability for plant genetic resources for food and agriculture. Thematic Background Study, FAO Report State of the World PGRFA, 26 p,
36. Brown AHD, Weir BS (1983) Measuring genetic variation in plant populations. In: Tanksley SD, Orton TJ (eds) Isozymes in plant genetics and breeding, part A. Elsevier, New York, pp 219–239;
37. Brown WL (1983) Genetic diversity and genetic vulnerability—an appraisal. Econ Bot 37:4–12;
38. Brown-Guerdia GL, Thompson JA, Nelson RL, Warburton ML (2000) Evaluation of genetic diversity of soybean introductions and North American ancestors using RAPD and SSR markers. Crop Sci 40:815–823;
39. Brown AHD, Hardner CM (2000) Sampling the gene pools of forest trees and ex situ conservation. In: Young A, Boyle TJB, Boshier D (eds) Forest conservation genetics principles and practices. CSIRO, Collingwood, pp 185–196;
40. Brown AHD, Brubaker CL (2002) Indicators for sustainable management of plant genetic resources: how well are we doing? In: Engels JMM, Ramanatha Rao V, Brown AHD, Jackson MT (eds) Managing plant genetic diversity. CABI, Wallingford, pp 249–262;
41. Brown AHD, Hodgkin T (2007) Measuring, managing, and maintaining crop genetic diversity on farm. In: Jarvis DI, Padoch C, Cooper HD (eds) Managing biodiversity in agricultural ecosystems. Columbia University Press, New York, pp 13–3;
42. Brush SB (1991) A farmer-based approach to conserving crop germplasm. Econ Bot 45:153–165 Brush SB (1995) In situ conservation of landraces in centers of crop diversity. Crop Sci 35:346–354;
43. Brush SB, Perales HR (2007) A maize landscape: Ethnicity and agro-biodiversity in Chiapas Mexico. Agric Ecosyst Environ 121:211–221;
44. Buis S (2000) Writing woody plant specifications for restoration and mitigation practices. Native Plants J 1:116–119;
45. Burrows VD (1970) Yield and disease-escape potential of fall-sown oats possessing seed dormancy. Can J Plant Sci 50:371–378;

46. Burton TL, Husband BC (2000) Fitness differences among diploids, tetraploids, and their triploid progeny in Chamerion angustifolium: mechanisms of inviability and implications for polyploid evolution. Evolution 54:1182–1191;
47. Buza L, Young A, Thrall P (2000) Genetic erosion, inbreeding, and reduced fitness in fragmented populations of the endangered tetraploid pea Swainsona recta. Biol Conserv 93:177–186;
48. Caldwell KS, Russell J, Langridge P, Powell W (2006) Extreme population-dependent linkage disequilibrium detected in an inbreeding species Hordeum vulgare. Genetics 172:557–567;
49. Campbell RK, Sorensen FC (1984) Genetic implications of nursery practices. In: Duryea ML, Landis TD (eds) Forest nursery manual: production of bare root seedlings. Martinus Nijhoff, Dordrecht, pp 183–191 CBD (1992);
50. Carpenter JE (2011) Impact of GM crops on biodiversity. GM Crops 2:7–23 Carson R (1962) Silent Spring. Houghton Mifflin, Boston Clunies-Ross T (1995) Mangolds, manure and mixtures: The importance of crop diversity on British farms. The Ecologist 25:181–187;
51. Căbulea, I. şi Grecu, C. (1982) 25 de ani (1957-1982) de ameliorare a porumbului hibrid la SCDA Turda, In: Contribuţia cercetării ştiinţifice în dezvoltarea agriculturii, 243-294;
52. Ceapoiu, N. și Potlog, A.S.(1960), Ameliorarea plantelor agricole vol. 1 Edit. Agro Silvică, București.
53. Ceapoiu N. (1980). Evoluția speciilor. Edit. Academiei Române.
54. Ceapoiu, N., (1988) Evoluţia biologică. Micro şi Macro Evoluţia, Editura Academiei Române, Bucureşti;
55. Ciocăzanu I., Tr. Sarca, Emilia Chirvăsoiu, N. Tanislav, Gh. Vlaicu, (1989). Studiul liniilor consangvinizate de porumb privind existența alelelor unice pentru ameliorarea unor combinații hibride valoroase. Cercet. genet. Teor. Aplic. I: 89-93;
56. Chang, T.T. (1984) Conservation rice genetic resources: luxury or necessity? Science, 224:251-256;
57. Charlesworth D, Charlesworth B (1987) Inbreeding depression and its evolutionary consequences. Annu Rev Ecol Syst 18:237–268;
58. Charlesworth D, Willis JH (2009) The genetics of inbreeding depression. Nat Rev Genet 10:783–796;
59. Chebotar S, Röder MS, Korzun V et al (2003) Molecular studies on genetic integrity of open-pollinating species rye (Secale cereale

L.) after long-term genebank maintenance. Theor Appl Genet 107:1469–1476;
60. Chikmawati T, Skovmand B, Gustafson JP (2005) Phylogenetic relationships among Secale species revealed by amplified fragment length polymorphisms. Genome 48:792–801;
61. Chikmawati T, Miftahudin M, Skovmand B, Gustafson JP (2012) Amplified fragment length polymorphism-based genetic diversity among cultivated and weedy rye (Secale cereale L.) accessions. Genet Resour Crop Evol 59:1743–1752;
62. Chong J, Reimer E, Somers D, Aung T, Penner GA (2004) Development of sequence-characterized amplified region (SCAR) markers for resistance gene Pc94 to crown rust in oat. Can J Plant Pathol 26:89–96;
63. Cole CT (2003) Genetic variation in rare and common plants. Annu Rev Ecol Evol Syst 34:213–237;
64. Comeau A (1982) Geographic distribution of resistance to barley yellow dwarf virus in Avena sterilis. Can J Plant Pathol 4:147–15;
65. Cook R (1974) Nature and inheritance of nematode resistance in cereals. J Nematol 6:165–174;
66. Cooper W.E. (1965) Dinamics and production of a natural population of a freshwater amphidiploids *Hyalella azieca.* Ecol. Monogr. 35, 377-394;
67. Cooper M, Messina CD, Podlich D, Totir LR, Baumgartern A, Hausmann NJ, Wright D, Graham G (2014) Predicting the future of plant breeding: complementing empirical evaluation with genetic prediction. Crop Pasture Sci 65:311–336. doi:10.1071/CP14007. http :// www. publish. siro.au/ paper = CP 14007;
68. Cosmin O., Tr. Sarca, N. Bica, I. Antohe, (1987) Realizări în ameliorarea porumbului și sorgului. An. ICCPT Fundulea LV: 77-142;
69. Convention on biological diversity. Secretariat for the Convcention on Biological Diversity, Montreal, Quebec Canada. http://www.cbd.int/convention/text/
70. Cosmin, O., Ulinici, Victoria, Păcurar, I., (1959). Valoarea biologică a soiurilor şi populaţiilor de porumb ca material iniţial pentru obţinerea liniilor consangvinizate şi a hibrizilor dubli. Probl. Agric. Nr. 12;

71. Covor, A. (1972) Rasele de porumb din România, Edit. CIDAS Bucureşti;
72. CBD (2001) Global Biodiversity Outlook 1. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Quebec Canada. http://www.cbd.int/gbo1/default.shtml;
73. CBD (2010) Strategic plan for biodiversity 2011–2020. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Quebec Canada. http://www.cbd.int/sp/default.shtml;
74. Cox TS, Kiang YT, Gorman MB, Rodgers DM (1985) Relationship between coefficient of parentage and genetic similarity indices in the soybean. Crop Sci 25:529–532;
75. CNPS (2001) Guidelines for landscaping to protect native vegetation from genetic degradation. California Native Plant Society, Sacramento CA. http://www.cnps.org/cnps/archive/landscaping.php;
76. CPC (Center for Plant Conservation) (1991) Genetic sampling guidelines for conservation collections of endangered plants. In: Falk DA, Holsinger KE (eds), Genetics and conservation of rare plants. Oxford University Press, New York, pp 225–238;
77. Crist 1971. Migration and population change in the Irish Republic Amer. Journal of Economics and Sociology, 30.;
78. Cristea M., 1974. Der genotyp locale mays, population der Bucovina eine wervalle geneauale fur zuchtungson beiten pflanzenzuchtung, 71 130, Verlag Pane Parey, Berlin and Hanburg.
79. Cristea (1977) Rasele de porumb din România, Edit. Academiei Române;
80. Cristea M., 2004. Rasele de porumb. In: Porubul – Studiu Monografic. Editura Academiei Române.
81. Cristea M., 2006. Clasic și modern în aeliorarea plantelor. Editura Academiei Române;
82. Cristea M., 2010. Biodiversitatea. Editura Ceres București.
83. Cristea M., 2011 Schimbările climatice și resursele genetice vegetale. Editura Academiei Române.
84. Cristea M., 2012. Biotehnologia și Biodiversitatea. Editura Academiei Române.
85. Cristea M., 2013. Populația, Mediul și Diversitatea Genetică a Plantelor. Editura Academiei Române.

86. Cristea D. Mihai, Danela Murariu (2018), Rudele sălbatice ale plantelor cultivate în România, Ed. Pim. Iași pp. 190-287;
87. Crozier RH (1997) Preserving the information content of species: genetic diversity, phylogeny and conservation worth. Annu Rev Ecol Syst 28:243–268;
88. Crow JF (1993) Mutation, mean fitness, and genetic load. Oxford Sur Evol Biol 9:3–42;
89. Cruz VMV, Kilian A, Dierig DA (2013) Development of DArT marker platforms and genetic diversity assessment of the U.S. collection of the new oilseed crop lesquerella and related species. PLoS One 8:e64062;
90. Darwin, C.H.(1957) Originea speciilor. Editura Academiei Române;
91. Davey JW, Hohenlohe PA, Etter PD et al (2011) Genome-wide genetic marker discovery and genotyping using next-generation sequencing. Nat Rev Genet 12:499–510;
92. Demauro MM (1993) Relationship of breeding system to rarity in the lakeside daisy (Hymenoxys acaulis var. glabra). Conserv Biol 7:542–550;
93. De Koeyer DL, Phillips RL, Stuthman DD (1999) Changes in genetic diversity during seven cycles of recurrent selection for grain yield in oat, Avena sativa L. Plant Breed 118:37;
94. Delannay X, Rodgers DM, Palmer RG (1983) Relative contributions among ancestral lines of North American soybean cultivars. Crop Sci 23:944–949;
95. Derieux M.,M. Darrigrand, A. Gallais, Y. Barriere, D. Bloc, Y. Montalant, (1987). Estimation du progres genetique realise chez le mais hrain en France entre 1950 et 1985. Agronomie 7: 1-11;
96. Deu M, Sagnard F, Chanterwau J et al (2010) Spatio-temporal dynamics of genetic diversity in Sorghum bicolor in Niger. Theor Appl Genet 120:1301–1313;
97. Devos KM, Atkinson MD, Chinoy CN et al (1993) Chromosomal rearrangements in the rye genome relative to that of wheat. Theor Appl Genet 85:673–680;
98. De Wet și Huckabay 1967. The origin of *Sorghum bicolor.* Distribution and domestication. Evolution 21.
99. Dillmann C, Bar-Hen A, Guerin D et al (1997) Comparison of RFLP and morphological distances between Zea mays inbred lines. Consequences for germplasm protection purposes. Theor Appl Genet 95:92–102;

100. Dinca T, Muscala T. (1967) Cultura porumbului. Edit. Agro Silvică București.
101. Diulgheff S (2006) A global overview of assessing and monitoring genetic erosion of crop wild relatives and local varieties using WIEWS and other elements of the FAO global system of PGR. In: Ford-Lloyd BV, Dias SR, Bettencourt E (eds) Genetic erosion and pollution assessment methodologies. Proceedings of PGR forum workshop 5, Bioversity International, Rome, pp 6–14. Available at http ://www. Bioversity international.org/file admin/ bioversity /pub lications/ pdfs/1171.pdf FAO, IPGRI (1994);
102. Doebley J, Wendel JD, Smith JSC et al (1988) The origin of Cornbelt maize: The isozyme evidence. Econ Bot 42:120–131;
103. Donini P, Law JR, Koebner RMD et al (2000) Temporal trends in the diversity of U.K. wheat. TheorAppl Genet 100:912–917 Duvick DN (1984) Genetic diversity in major farm crops on the farm and in reserve. Econ Bot 38:161–178;
104. Halampie D.,M. Cristea, M. Murariu, (1993) Progresele realizate în ameliorarea porumbului la SCA Suceava în perioada 1951-1991. An. ICCPT Fundulea LX: 69-77;
105. Duvick DN (1997) What is yield? In: Edmeades, et al. (eds), Developing Drought- and Low N-Tolerant Maize. Proceedings of a Symposium, March 25–29, 1996. CIMMYT, El Batan, Mexico, pp 332–335;
106. Duvick DN (2005) Genetic progress in yield of United States maize (Zea mays L.) Maydica 50:193–202;
107. Edmands S, Timmerman CC (2003) Modeling factors affecting the severity of outbreeding depression. Conserv Biol 17:883–892;
108. Ehrlich PR, Ehrlich AH (2013) Can a collapse of global civilization be avoided? Proc R Soc B Biol Sci 280. doi:10.1098/rspb.2012.2845;
109. Ellstrand NC, Elam DR (1993) Population genetic consequences of small population size: implications for plant conservation. Annu Rev Ecol Syst 24:217–242;
110. El-Kassaby YA, Thomson AJ (1996) Parental rank change associated with seed biology and nursery practices in Douglas-fir. For Sci 42:228–235;
111. Emanuelli F, Lorenzi S, Grzeskowiak L et al (2013) Genetic diversity and population structure assessed by SSR and SNP

markers in a large germplasm collection of grape. BMC Plant Biol 13:39;
112. Enescu D. (1922) Porumburile româneşti, Atelierele grafice, Bucureşti;
113. Enescu V. (1985), Genetica Ecologică, Editura Ceres București.
114. EPO (2013) Interlocutory decision of 8 July 2013, Case Number: T 0083/05—3.3.04. Method for selective increase of the anticarsinogenic glucosinolates in Brassica species. European Patent Office Boards of Appeal, Munich, Germany, p 31;
115. European Commission (2013) Common catalogue of varieties of agricultural plant species— 32nd complete edition. Official J Eur Union 56:1–720;
116. Falke KC, Susic´ Z, Hackauf B et al (2008) Establishment of introgression libraries in hybrid rye (Secale cereale L.) from an Iranian primitive accession as a new tool for rye breeding and genomics. Theor Appl Genet 117:641–652;
117. Falconer DS (1981) Introduction to quantitative genetics (2nd edn). Longman, New York Falk DA (1987) Integrated conservation strategies for endangered plants. Nat Areas J 7:118–123;
118. Falk DA, Holsinger KE (eds) (1991) Genetics and conservation of rare plants. Oxford University Press, New York FAO (1999) Global strategy for the management of farm animal genetic resources: executive brief. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. http://www. fao. org/ag/ againfo/programmes/ en/lead/ toolbox/indust/ex-brf.pdf
119. FAO (2010) The second report on the state of the World's plant genetic resources for food and agriculture, Rome Fischer S, Melchinger AE, Korzun V et al (2010) Molecular marker assisted broadening of the Central European heterotic groups in rye with Eastern European germplasm. Theor Appl Genet 120:291–299;
120. FAO (1997) The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, p 511 FAO (2009) The international treaty on plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p 60;
121. FAO (2010) The second report on the state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p 399;

122. FAO (2007a) Global plan of action for animal genetic resources and the interlaken declaration. In: International technical conference on animal genetic resources for food and agriculture, Interlaken, Switzerland, 3–7 Sept 2007. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. http://www.fao.org/docrep/010/a1404e/a1404e00.htm;
123. FAO (2007b) The state of the world's animal genetic resources. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. http://www.fao.org/docrep/010/a1250e/a1250e00.htm;
124. FAO (2010) The second report on the state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. http://www.fao.org/docrep/013/ i1500e/i1500e00.htm;
125. FAO (2011) The second global plan of action for plant genetic resources for food and agriculture. In: FAO Council, Rome, Italy, 29 Nov 2011. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. http:// www. fao. org/ docrep 015/ i2624e/i2624e00 .htm;
126. FAO (2014) The state of the world's forest genetic resources. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. http://www.fao.org/3/a-i3825e.pdf;
127. Fawcett R, Towery D (n.d.) Conservation tillage and plant biotechnology. How new technologies can improve the environment by reducing the need to plow. Conservation Tillage Information Center, West Lafayette, Indiana, 20 p;
128. Fetch TG, Jin Y (2007) Letter code system of nomenclature for *Puccinia graminis f.sp. avenae.* Plant Dis 91:763–766;
129. Flor A, Bettencourt E, Arriegas PI, Dias SR (2006) European crop wild relative conservation criteria—indicators for the CWR species' list prioritization. In: Ford-Lloyd BV, Dias SR, Bettencourt E (eds) Genetic erosion and pollution assessment methodologies. Bioversity International, Rome, pp 83–87;

130. Ford-Lloyd BV, Brar D, Khush GS, Jackson MT, Virk PS (2008) Genetic erosion over time of rice landrace Agrobiodiversity. Plant Genet Resour Charact Util 7:163–168;
131. Fowler C, Smale M, Gaiji S (2001) Unequal Exchange? Recent transfers of agricultural resources and their implications for developing countries. Dev Policy Rev 19:181–204;
132. Fowler C, Hodgkin T (2004) Plant genetic resources for food and agriculture: assessing global availability. Ann Rev Environ Resour 29:143–179;
133. Frankel OH, Brown AHD, Burdon JJ (1995) The conservation of plant biodiversity. Cambridge University Press, Cambridge Gómez-Mendoza L, Arriaga L (2007) Modeling the effect of climate change on the distribution of oak and pine species of Mexico. Conserv Biol 21:1545–1555;
134. Frankham R, Ballou JD, Briscoe DA (2004) A primer of conservation genetics. Cambridge University Press, Cambridge Futuyma DJ (1979) Evolutionary Biology. Sinauer, Sunderland
135. Frederiksen S, Petersen G (1998) A taxonomic revision of Secale (Triticeae, Poaceae). Nord J Bot 18:399–420;
136. Frey KJ, Browning JA (1971) Association between genetic factors for crown rust resistance and yield in oats. Crop Sci 11:757–760;
137. Frey KJ (1992) Oat improvement with genes from *Avena* species. In: Barr AR, Medd RW (eds) Proceedings of the 4th international oat conference, vol 2: wild oats in agriculture. 19–23 Oct 1992, Adelaide, SA, Australia, pp 61–64;
138. Fuentes J, Escobar F, Alvarez A, Galego G, Duque MC, Ferrer M, Deus JE, Thome JM (1999) Analyses of genetic diversity in Cuban rice varieties using isozyme, RAPD and AFLP markers, Euphytica 109:107:115;
139. Gao L, Innan H (2008) Nonindependent domestication of the two rice subspecies, Oryza sativa ssp. indica and ssp. japonica, demonstrated by multilocus microsatellites. Genetics 179:965–976;
140. Garcia Mas J, Oliver M, Gomez-Paniagua H, de Vicente MC, (2000) Comparing AFLP, RAPD and RFLP markers for measuring genetic diversity in melon. Theor. Appl. Genet. 101:860-864;
141. Geiger HH, Miedaner T (2009) Rye breeding. In: Carena MJ (ed) Cereal. Handbook of plant breeding, 1st edn, vol 3. Springer, New York, pp 157–181;

142. GEM (2014) Germplasm Enhancement of Maize. http://www.public.iastate.edu/~usda-gem/ Gizlice Z, Carter TE Jr, Burton JW (1993) Genetic diversity in North American soybean: II. Prediction of heterosis in F2 populations of southern founding stock using genetic similarity measures. Crop Sci 33:620–626;
143. Genebank standards. FAO/IPGRI, Rome Figliuolo G, Mazzeo M, Greco I (2007) Temporal variation of diversity in Italian durum wheat germplasm. Genet Resour Crop Evol 54:615–626;
144. Gitzendanner MA, Soltis PS (2000) Patterns of variation in rare and widespread plant congeners. Am J Bot 87:783–792;
145. Given DR (1987) What the conservationist requires of ex situ collections. In: Branwell D, Hamann O, Heywood V, Synge H (eds) Botanic gardens and the world conservation strategy. Academic Press, London, pp 103–116;
146. Glémin S (2003) How are deleterious mutations purged? Drift versus nonrandom mating. Evolution 57:2678–2687;
147. Glemin S, Bataillon T (2009) A comparative view of the evolution of grasses under domestication. New Phytol 183:273–290;
148. Glendinning D (1989) Some aspects of autotetraploid population dynamics. Theor Appl Genet 78:233–242;
149. Gold Steinberg J, Mitchell Fetch J, Fetch TG (2005) Evaluation of *Avena spp*. collections for resistance to oat stem rust. Plant Dis 89:521–525;
150. Gollin D (1998) Valuing farmers' rights. In: Evenson RE, Gollin D, Santaniello V (eds) Agricultural values of plant genetic resources. CAB International, Wallingford, pp 233–245 Green JM (2012) The benefits of herbicide-resistant crops. Pest Manag Sci 68:1323–1331;
151. Gonzalez-Orozco CE, Brown AHD, Knerr N, Miller JT, Doyle JJ (2012) Hotspots of diversity of wild Australian soybean relatives and their conservation in situ. Conserv Genet 13:1269–1281;
152. Grebenscikov, I. (1940) Zur morphologisch systematichen Eintelung von Zea mays;
153. Grecu, C. şi Haş I (1994) Dinamica progresului genetic în ameliorarea porumbului la SCA Turda. Cercetări de genetică vegetală şi animală, II, 87-95;

154. Guarino L, Ramanatha Rao V, Reid R (eds) (1995) Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines. CAB International, Wallingford;
155. Guarino L (1999) Approaches to measuring genetic erosion. In: Serwinski J, Faberova I (eds) Proceedings of the technical meeting on the methodology of the FAO world information and early warning system on plant genetic resources. Czech Republic Research Institute of Crop Production, Prague, Czech Republic and FAO, Rome, pp 26–28;
156. Guerrant EO (1992) Genetic and demographic considerations in the sampling and reintroduction of rare plants. In: Fiedler PL, Jain SK (eds), Conservation biology: the theory and practice of nature conservation, preservation, and management. Routledge, Chapman and Hall, Inc., New York, pp 321–344;
157. Guerrant EO, Havens K, Maunder M (eds) (2004) Ex situ plant conservation: supporting species survival in the wild. Island Press, Washington;
158. Guerrant EO (1996) Designing populations: demographic, genetic, and horticultural dimensions. In: Falk DA, Millar CI and Olwell M (eds), Restoring diversity: strategies for reintroduction of endangered plants. Island Press, Washington, pp 171–207;
159. Gupta PK, Rustgi S, Mir RR (2008) Array-based high-throughput DNA markers for crop improvement. Heredity (Edinb) 101:5–18;
160. Gurian-Sherman D (2009) Failure to yield: evaluating the performance of genetically engineered crops. Union of Concerned Scientists. http://www.ucsusa.org/assets/documents/food_and_agriculture/failure-to-yield.pdf;
161. Hallauer A.R., J.B. Miranda, (1981) Quantitative Genetics in Maize Breeding, Iowa State University Press, Ames;
162. Hallauer A.R., W.A. Russel, K.R. Lamkey, (1988). Corn breeding In G.F. Sprague and J.W. Dudley (ed). Corn and corn improvement, 3rd ed., Agronomy 18 469-491;
163. Hammer K, Knupffer H, Xhuveli L, Perrino P (1996) Estimating genetic erosion in landraces. Two case studies. Genet Resour Crop Evol 43:329–336;
164. Hamrick JL, Godt MJW (1989) Allozyme diversity in plant species. In: Brown AHD, Clegg MT, Kahler AL, Weir BS (eds) Plant

population genetics, breeding, and genetic resources. Sinauer Associates Inc., Sunderland, pp 43–63;
165. Hamrick JL, Godt MJW (1990) Allozyme diversity in plant species. In: Brown AHD, Clegg MT, Kahler AL, Weir BS (eds) Plant population genetics, breeding, and genetic resources. Sinauer, Sunderland, pp 43–63;
166. Harlan JR, de Wet JMJ (1971) Toward a rational classification of cultivated plants. Taxon 20:509–517;
167. Harlan JR (1975) Practical problems in exploration: seed crops. In: Frankel OH, Hawkes JG (eds) Crop genetic resources for today and tomorrow. Cambridge University Press, Cambridge, pp 111–115. http :// www. bioversityinternational. org/ fileadmin/ bioversity/ publications/Web_version/47/ch13.htm;
168. Harlan JR (1992) Crops and Man, 2nd edn. American Society of Agronomy, Madison Haudry A, Cenci A, Ravel C et al (2007) Grinding up wheat: a massive loss of nucleotide diversity since domestication. Mol Biol and Evol 24:1506–1517;
169. Hartl L, Seefelder S, (1988). Diversity of selected hop cultivars detected by fluorescent AFLPs. Theor. Appl. Genet. 96:112-116;
170. Has I. (2004). Heterozisul la porumb, în Porumbul – Studiu monographic. Edit. Academiei Române
171. Haseneyer G, Schön C-C et al (2011) High levels of nucleotide diversity and fast decline of linkage disequilibrium in rye (Secale cereale L.) genes involved in frost response. BMC Plant Biol 11:6;
172. Hawkes J.G., (1979) Genetic poverty of the potato in Europe. In: Ac. Zeven and AM von Harten (eds.) Proceedings of the Conference: Boarding the genetic base of crops Wageningen, Nederlands, 3-7 July, 1978, PUDOC Wageningen, p. 19-27;
173. Heinemann JA, Massaro M, Coray DS, Agapito-Tenfen SZ, Wen JD (2013) Sustainability and innovation in staple crop production in the US Midwest. Int J Agric Sustain. doi:10.1080/14;
174. Hepting L (1978) Analyse eines 7×7-Sortendiallels zur Ermittlung geeigneten Ausgangsmaterials fur die Hybridzuchtung bei Roggen. Zeitschrift fur Pflanzenzuchtung 188–197;
175. Hipkins VD, DeWoody J (2014) Isozyme data indicate variation in ploidy and significant genetic structure in Acanthomintha ilicifolia (gray) gray, San Diego thornmint. Revised report to the Center for Natural Lands Management, NFGEL Project #279;

176. Holland JM (2004) The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe:reviewing the evidence. Agric Ecosyst Environ 103:1–25;
177. Holden J, Peacock J, Williams T (1993) Genes, crops and the environment. Cambridge University Press, Cambridge Jarvis DI, Brown AHD;
178. Hopkins MT, Khalid AM, Chang P-C, Vanderhoek KC, Lai D, Doerr MD, Lolle SJ (2013) De novo genetic variation revealed in somatic sectors of single Arabidopsis plants. Research 2:5, 1–16;
179. Hoyt E. (1992). Le conservation des plantes sauvages apparentees au plates cultivee. IBPGR, UICN, WWF. Bireau des resources genetiques. France.
180. Hufford KM, Mazer SJ (2003) Plant ecotypes: genetic differentiation in the age of ecological restoration. Trends Ecol Evol 18:147–155;
181. Hufford MB, Xu X, van Heerwaarden J, Pyhäjärvi T, Chia J-M, Cartwright RA et al (2012) Comparative population genomics of maize domestication and improvement. Nat Genet 44:808–81;
182. Hufford MB, Lubinsky P, Pyhajarvi T, Devengenzo MT, Ellstrand N, Ross-Ibara J (2013) The genomic signature of crop-wild introgression in maize. PLoS Genet 9(5):e1003477. doi:10.1371/journal.pgen.1003477;
183. Hung Cuong P, Collado-Panduro L, Latournerie-Moreno L, Gyawali S, Tanto T, Sawadogo M, Mar I, Sadiki M, Thi-Ngoc Hue N, Arias-Reyes L, Balma D, Bajracharya J, Castillo F, Rijal D, Loubna B, Rana R, Saidi S, Ouedraogo J, Zangre R, Rhrib K, Chavez JL, Schoen D, Sthapit B, De Santis P, Fadda C, Hodgkin T (2008). A global perspective of the richness and evenness of traditional crop-variety diversity maintained by farming communities. Proc Natl Acad Sci USA 105:5326–533;
184. Hutchinson WD, Burkness PD, Mitchell RD, Moon TW, Leslie SJ, Fleischer et al (2010) Areawide suppression of European Corn Borer with Bt maize reaps savings to non-Bt maize growers. Science 330:222–225;
185. Hyten DL, Song Q, Zhu Y et al (2006) Impacts of genetic bottlenecks on soybean genomic diversity. Proc Natl Acad Sci 103:16666–16671;

186. Ilicevici S. (1972) Efectul selecției în masă comparativ cu selecția după comportarea liniilor C1 la o sursă locală de material inițial de ameliorare la porumb. Teză de doctorat, IANB București.
187. Ionescu Șișești Gh. (1938) Cultura Grâului – cu privire specială la condițiile din România. Editura Cartea Românească, București.
188. Ionescu Șișești Gh.(1956) Cultura porumbului. Edit. Agrosilvică, București.
189. Ishige T (2009) Summary of the international symposium on induced mutations in plants, pp 11–12.; In: Shu QY (ed) Induced plant mutations in the genomics era. FAO, Rome, 487p;
190. Isik Z, Parmaksiz I, Coruh C et al (2007) Organellar genome analysis of rye (Secale cereale) representing diverse geographic regions. Genome 50:724–734;
191. ISAAA (2014a) ISAAA Brief 46-2013 executive summary, global status of commercialised biotech/GM crops: 2013. http://www.isaaa.org ISAAA (2014b);
192. ITPGRFA (2004) International treaty on plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. http://www.planttreaty.org/ content/texts-treaty-official-versions;
193. Jensen DB, Torn MS, Hart J (1993) In our own hands: a strategy for conserving California's biological diversity. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California;
194. Karp A, Seberg O, Buiatti M (1996) Molecular techniques in the assessment of botanical diversity. Ann Bot 78:143–149;
195. Karron JD (1987) A comparison of levels of genetc polymorphism and self-compatibility in geographically restricted and widespread plant congeners. Evol Ecol 1:47–58;
196. Karron JD (1991) Patterns of genetic variation and breeding systems in rare plant species. In: Falk DA, Holsinger KE (eds), Genetics and conservation of rare plants. Oxford University Press, New York, pp 87–98;
197. Keeler KH (2004) Impact of intraspecific polyploidy in Andropogon gerardii (Poaceae) populations American. Midl Nat 152:63–74;
198. Kilian B, Ozkan H, Kohl J et al (2006) Haplotype structure at seven barley genes: relevance to gene pool bottlenecks, phylogeny of ear type and site of barley domestication. Mol Genet Genomics 276:230–241;

199. Kim HS, Ward RW (2000) Patterns of RFLP-based genetic diversity in germplasm pools of common wheat with different geographical or breeding program origins. Euphytica 115:197–208;
200. Kitchen SG, McArthur ED (2001) Native or not: subjective labels and their application in wildland plantings. Native Plants J 2:21–24;
201. Kitchen SG (1994) Life history variation in blue flax (Linum perenne: Linaceae) seed germination phenology. Am J Bot 81:528–535;
202. Kitzmiller JH (1990) Managing genetic diversity in a tree improvement program. For Ecol Manage 35:131–149;
203. Klein T.M. and Fitzpatrick – McElliogot S. (1993). Particle bombardament: An universal approach for gene transfer to cells and tissue. Curr. Opi. Biotechnology 4, 583-590.
204. Klein RR, Mullet JE, Jordan DR et al (2008) The effect of tropical sorghum conversion and inbred development on genome diversity as revealed by high-resolution genotyping. Crop Sci 48:S12–S26;
205. Kolkman JM, Berry ST, Leon AJ, Slabaugh MB et al (2007) Single nucleotide polymorphisms and linkage disequilibrium in sunflower. Genetics 177:457–468;
206. Kombo GR, Dansi A, Loko LY, Orkwor GC, Vodouhe R, Assogba P, Magema JM (2012) Diversity of cassava (ManihotesculentaCrantz) cultivars and is management in the department of Bouenza in the Republic of Conga. Genet Resour Crop Evol 59:1789–180;
207. Korniche, F. (1953) Die Ourtten and varietaten des Getreides in Handbuch des Getreidebanes stainis, Bonn;
208. Kuleshov, M.N. (1929) Geograficiscoe repedelnic sortovogo raznobazia kukuruyi na ze,nom soretrude pe hiclanoi balamke genetike I selecţii, vol. 20;
209. Lacy RC (1987) Loss of genetic diversity from managed populations: interacting effects of drift, mutation, immigration, selection, and population subdivision. Conserv Biol 1:143–158;
210. Ladizinsky G, Zohary D (1971) Notes on species delimination species relationships and poliploidy in Avena L. Euphytica 20:380–395;

211. Lagoda PJL (2009) Networking and fostering of cooperation in plant mutation genetics and breeding: role of the joint FAO/IAEA Division, pp 27–30. In: Shu QY (ed) Induced plant mutations in the genomics era. FAO, Rome, p 487;
212. Lawrence MJ, Marshall DF, Davies P (1995) Genetics of genetic conservation, I, sample size when collecting germplasm. Euphytica 84:89–99;
213. Le Clerc V, Cadot V, Canadas M, Lallemand J, Guerin D, Boulineau F (2006) Indicators to assess temporal genetic diversity in the French catalogue: no loss for maize and peas. Theor Appl Genet 113:1197–1209;
214. Ledig FT (1987) Genetic structure and conservation of California's endemic and near-endemic conifers. In: Elias TS (ed), Conservation and management of rare and endangered plants. California Native Plant Society, Sacramento, pp 587–594;
215. Ledig FT (1991) Secret extinctions: the loss of genetic diversity in forest ecosystems. In: Fenger MA, Miller EH, Johnson JA, Williams EJR (eds), Our living legacy: proceedings of a symposium on biological diversity. Victoria, pp. 127–140;
216. Ledig FT (1992) Human impacts on genetic diversity in forest ecosystems. Oikos 63:87–108 Linder HP, Barker NP (2014) Does polyploidy facilitate long-distance dispersal? Ann Bot 113:1175–1183;
217. Leggett JM, Thomas H (1995) Oat evolution and cytogenetics. In: Welch RW (ed) The oat crop production and utilization.Chapman & Hall, London, UK, pp 120–149;
218. Lence SH, Hayes DJ, McCunn A, Smith S, Niebur WS (2005) Welfare impacts of intellectual property protection in the seed industry. Am J Agric Econ 87:951–968;
219. Lewis RS, Goodman MM (2003) Incorporation of tropical maize germplasm into inbred lines derived from temperate × temperate-adapted tropical lines crosses: agronomic and molecular assessment. Theor Appl Genet 107:798–805;
220. Linhart YB (1995) Restoration, revegetation, and the importance of genetic and evolutionary perspectives. In: Roundy BA, McArthur ED, Haley JS, Mann DK (eds), Proceedings: wildland shrub and arid land restoration symposium. General Technical Report INT-GTR-315. US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, Ogden, pp 271–287;

221. Lippitt L, Anderson S, Epperson B (2013) San Diego thornmint seed and common garden study. Final report to the Center for Natural Lands Management, Temecula Lynch M, Gabriel W (1990) Genetic load and the survival of small populations. Evolution 44:1725–1737;
222. Liu A, Burke JM (2006) Patterns of nucleotide diversity in wild and cultivated sunflower. Genetics 173:321–330;
223. Liu K, Goodman M, Muse S et al (2003) Genetic structure and diversity among maize inbred lines as inferred from DNA microsatellites. Genetics 165:2117–2128;
224. Loskutov IG, Howard W. Rines (2011). Wild crop relatives genomics and breeding resources. Cereals, Chapter 3, Avena, Ed. Springer. Pp. 109-185;
225. Louette D (1995) Seed exchange among farmers and gene flow among maize varieties in traditional agricultural systems. In: Serratos JA, Wilcox MC, Castillo F (eds) Proceedings of a forum: gene flow among maize landraces, improved maize varieties, and teosinte; implications for transgenic maize. CIMMYT, El Batan, Mexico, 21–25 Sept 1995, p 122;
226. Louette D, Charrier A, Berthaud J (1997) In situ conservation of maize in Mexico: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. Econ Bot 51:20–38;
227. Luby JJ, Stuthman DD, Phillips RL (1985) Micronuclei frequency and character coherence in *Avena sativa L./A.fatua* L. crosses. Theor Appl Genet 69:367–373;
228. Lu H, Bernardo R (2001) Molecular marker diversity among current and historical maize inbreds. Theor Appl Genet 103:613–617;
229. Lucas, G.B. (1980). The war against blue mold. Science 210, 145-153;
230. Lucas CJ, Zhao H, Schneerman M, Moose SP (2013) Genomic changes in response to 110 cycles of selection for seed protein and oil concentration in maize. In: Becraft PW (ed) Seed genomics. Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ, p 276;
231. Lukaszewski AJ (1990) Frequency of 1RS.1AL and 1RS.1BL translocations in United States wheats. Crop Sci 30:1151;
232. Lundqvist A (1956) Self-incompatibility rye I. Genetic control in the diploid. Hereditas 42:293–348;
233. Lundqvist A (1960) The origin of self-compatibility in rye. Hereditas 46:1–19;

234. Lv J, Qi J, Shi Q et al (2012) Genetic diversity and population structure of cucumber (Cucumis sativus L.). PLoS ONE 7:e46919;
235. Machado MA, Cristofani-Yaly M, Bastianel M (2011) Breeding, genetic and genomic of citrus for disease resistance. Rev Bras Friutic 33:1–13. doi:10.1590 / S0100 - 29452011000500019 Matsuoka Y, Mitchell SE, Kresovich et al (2002) Microsatellites in Zea—variability, patterns of mutations, and use for evolutionary studies. Theor Appl Genet 104:436–451;
236. Mackay I, Horwell A, Garner J et al (2011) reanalyses of the historical series of UK variety trials to quantify the contributions of genetic and environmental factors to trends and variability in yield over time. TheorAppl Genet 122:225–238;
237. Magurran AE (2003) Measuring biological diversity. Blackwell, Oxford Maxted N, Guarino L (2006) Genetic erosion and genetic pollution of crop wild relatives. In: Ford-Lloyd BV, Dias SR, Bettencourt E (eds) Genetic erosion and pollution assessment methodologies. Proceedings of PGR Forum Workshop 5, Terceira Island, Autonomous Region of the Azores, Portugal, Bioversity International, Rome, pp 35–45;
238. Mason C et al (1996) European Corn Borer: ecology and management. North Regional Extension Publication, Iowa State University, Ames;
239. Mayr E (1942) Systematics and the origin of species. Columbia University Press, New York;
240. Mayr E.(1982) The growth of biological thought. The Balknap Press of Harward Uni. Press Cambridge Massachusetts London.
241. McCallum BD, Harder DE, Dunsmore KM (2000) Stem rusts on wheat, barley, and oat in Canada in 1999. Can J Plant Pathol 22:23–28;
242. McCouch SR, McNally KL, Wang W, Sackville Hamilton R (2012) Genomics of gene banks: a case study in rice. Am J Bot 99:407–42;
243. McKenzie RIH, Brown PD, Martens JW, Harder DE, Nielsen J, Gill CC, Boughton GR (1984) Registration of Dumont oats.Crop Sci 24:207;
244. McNeely JA, Miller KR, Reid WV, Mittermeier RA, and Werner TB (1990) Conserving the world's biological diversity. World Conservation Union, World Resources Institute, Conservation

International, World Wildlife Fund-US, and the World Bank, Washington Meyer SE;
245. McMullen MS, Patterson FL (1992) Oat cultivar development in the U.S.A. and Canada. In: Sorrells ME, Marshall HG (eds) Oat science and technology. Agronomy Monograph No. 33.ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA, pp 573–612;
246. Meksem K, Leister D. Peleman J, Zabeau M, Gebhardt SF,(1995). A high resolution map of the vicinity of the R1 locus on chromosome V of potato based on RFLP and AFLP markers. Mol. Genet 249: 74-81;
247. Menotti-Raymond M, O'Brien SJ (1993) Dating the genetic bottleneck of the African cheetah. Proc Natl Acad Sci USA 90:3172–3176;
248. Mercer KL, Perales HR (2010) Evolutionary response of landraces to climate change in centers of crop diversity. Evol Appl 3:480–493;
249. Meul M, Nevens F, Reheul D (2005) Genetic diversity of agricultural crops in Flanders over the last five decades. Agron Sustain Dev 25:491–495;
250. Meyer SE, Monsen SB (1993) Genetic considerations in propagating native shrubs, forbs, and grasses from seed. In: Proceedings, Western Forest Nursery Association Symposium, Sept 14–18, 1992, Fallen Leaf Lake, CA. General Technical Report RM-GTR-221. US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, pp 47–54;
251. Milach SCK, Rines HW, Phillips RL, Stuthman DD, Morikawa T (1998) Inheritance of a new dwarfing gene in oat. Crop Sci 38:356–360;
252. Millar CI, Libby WJ (1989) Disneyland or native ecosystem: genetics and the restorationist. Restor Manage Notes 7:18–24;
253. Morden CW, Doebley J, Schertz KF (1990) Allozyme variation among the spontaneous species of Sorghum section Sorghum (Poaceae). Theor Appl Genet 80:296–304;
254. Morikawa T (1989) Genetic analysis on dwarfness of wild oats. Jpn J Genet 64:363–371;
255. Morikawa T, Sumiya M, Kuriyama S (2007) Transfer of new dwarfing genes from the weed species *Avena fatua* into cultivated oat *A. byzantine*. Plant Breed 126:30–35;

256. Morrell PL, Gonzales AM, Meyer KKT, Clegg MT (2013) Resequencing data indicate a modest effect of domestication on diversity in barley: a cultigens with multiple origins. J Hered. doi:10.1093/jhered/est083;
257. Morris ML, Heisey PW (1998) Achieving desirable levels of crop diversity in farmers' fields: Factors affecting the production and use of commercial seed. In: Smale M (ed) Farmers, gene banks and crop breeding: economic analyses of diversity in wheat, maize, and rice. Kluwer Academic Press, Norwell, pp 217–238;
258. Moşneaga, V. (1957). Soiurile, populaţiile şi hibrizii de porumb raionaţi în RPR în: Porumbul studiu monographic, Edit. Acad. Române;
259. Muller MH, Poncet C, Prosperi JM et al (2006) Domestication history in the Medicago sativa species complex: inferences from nuclear sequence polymorphism. Mol Ecol 15:1589–1602;
260. Murariu Danela, Murariu M.,(2010), Conservarea „*on farm"* în diferite areale din Bucovina a unor rase de porumb, ANNALS of the Suceava University – FOOD ENGINEERING, Anul IX , No1 – 2010;
261. Murariu Danela, Domnica Daniela Plăcintă (2017), Ovăzul, Edit. Pim Iași , pp.60-180;
262. Murariu M., Murariu Danela, Voichița Haș, I. Haș, C. Leonte, Domnica Daniela Plăcintă, I.M. Râșca, D.P. Simioniuc, (2012) Conservarea și utilizarea germoplasmei locale de porumb din România, Edit. Pim, Iași;
263. Mureșan T. (1967) Bazele genetice ale ameliorării plantelor. Edit. Ceres, București.
264. Mureşan T., Sipoş Gh., Paulian Fl., Moga, I. (1973). Porumbul, Edit. Ceres, Bucureşti;
265. Murphy JP, Phillips TD (1993) Isozyme variation in cultivated oat and its progenitor species, Avena sterilis L. Crop Sci 33:1366–1372;
266. National Research Council (1972) Committee on genetic vulnerability of major crops. Genetic vulnerability of major crops. National Academy of Sciences, Washington, DC;
267. National Research Council (1993) Committee on managing global genetic resources: agricultural imperatives. Agricultural crop issues and policies: managing global genetic resources. National Academy Press, Washington, DC, p 449;

268. Negri V (2003) Landraces in central Italy: where and why they are conserved and perspectives for their on farm conservation. Genet Resour Crop Evol 50:871–885;
269. Niremberg, M., Jnes W., Leder P., Clark BFC, Sly, W.S., Pestka S (1963). On the calling of genetic information, cold spring harbor, Symp. Quant. Bid. XXVIII, 549.
270. Newton AS, Akar T, Baresel JP et al (2010) Cereal landraces for sustainable agriculture. A review. Agron Sustain Dev 30:237–269;
271. Nuitjen E, van Treuren R (2007) Spatial and temporal dynamics in genetic diversity in upland rice and late millet (Pennisetumglaucum (L.) R. Br.) in the Gambia. Genet Resour Crop Evol 54:989–1009;
272. Orabi J, Jahoor A, Backes G (2014) Changes in allele frequency over time in European bread wheat (Triticum aestivum L.) varieties revealed using DArT and SSR markers. Euphytica 197:447–462;
273. Pappert RA, Hamrick JL, Donovan LA (2000) Genetic variation in Pueraria lobata (Fabaceae), an introduced, clonal, invasive plant of the southeastern United States. Am J Bot 87:1240–1245;
274. Parker GD, Fox PN, Langridge P et al (2002) Genetic diversity within Australian wheat breeding programs based on molecular and pedigree data. Euphytica 124:293–306;
275. Păcurar I (2007) Producerea semințelor de cereale, leguminoase pentru boabe și plante tehnice, Edit. Phoenix, București;
276. Pejic I, Ajmone-Marsal P, Morgante M, Kozumplick V, Castiglioni P, Taramino G. Motto M, (1988) Comparative analysis of genetic similarity among maize inbred lines detected by RFLPs, RAPDs, SSRs and AFLPs. Theor. Appl. Genet. 97: 1248-1255;
277. Pellegrin D, Hauber DP (1999) Isozyme variation among populations of the clonal species, Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steudel. Aquat Bot 63:241–259;
278. Petrovici Tamara, V. Rusanovschi, Tr. Mihai, Carmen Jităreanu, (1988). Progre genetic înregistrat la SCA Podu Iloaiei în ameliorarea porumbului (1957-1986). Cercet. Agron. În Moldova I (81): 57-66;
279. Pfeil BE, Tindale MD, Craven LA (2001) A review of the Glycine clandestina species complex (Fabaceae: Phaseolae) reveals two new species. Aust Syst Bot 14:891–900;

280. Phillips RL, Rines HW (2009) Expanding the boundaries of gene variation for crop improvement, pp 21–26; In Shu QY (ed) Induced plant mutations in the genomics era. FAO, Rome, p 458;
281. Potlog, Al. şi Velican, V., (1972) Tratat de ameliorarea plantelor II. Editura Academiei Române;
282. Purugganan MD, Fuller DQ (2009) The nature of selection during plant domestication. Nature 457:843–848;
283. Radianu, S.P. (1906) Din trecutul şi prezentul agriculturii româneşti, MADR;
284. Rakoczy-Trojanowska M, Bolibok H (2004) Characteristics and a comparison of three classes of microsatellite-based markers and their application in plants. Cell Mol Biol Lett 9:221–238;
285. Rauf S, Teixeira de Silva JA, Khan AA et al (2010) Consequences of plant breeding on genetic diversity. Intl J Plant Breed 4:1–2;
286. Raymond R (2004) Introduction to the Global Crop Diversity Trust. Geneflow '04, p 17. International Plant Genetic Resources Institute (now Bioversity International), Maccarese, Rome, Italy, p 50;
287. Ren J, Sun D, Chen L et al (2013) Genetic diversity revealed by single nucleotide polymorphism markers in a worldwide germplasm collection of durum wheat. Int J Mol Sci 14:7061–7088;
288. Reinhartz JA (1995) Planting state-listed endangered and threatened plants. Conserv Biol 9:771–781;
289. Rines HW, Halstead RP (1988) Agronomic evaluation of oat cultivars with substituted *Avena fatua* and *A. sterilis* cytoplasm. Crop Sci 28:805–809;
290. Robertson LD, Frey KJ (1984) Cytoplasmic effects on plant traits in interspecific matings of *Avena*. Crop Sci 24:200–204;
291. Rogers DL, Ledig FT (1996) The status of temperate North American forest genetic resources. Report No. 16. University of California Genetic Resources Conservation Program, Davis. http://ucanr.edu/repository/view.cfm?article=54993;
292. Rogers DL, Matheson AC, Vargas Hernández JJ, Guerra Santos JJ (2006) Genetic conservation of insular populations of Monterey pine (Pinus radiata D. Don). Biodiver Conserv 15:779–798;
293. Romay MC, Millard MJ, Glaubitz JC et al (2013) Comprehensive genotyping of the USA national maize inbred seed bank. Genome Biol 14:R55 Ross AJ, Hallauer AR, Lee M (2006) Genetic

analysis of traits correlated with maize ear length. Maydica 51:301–313;
294. Ross AJ, Hallauer AR, Lee M (2006) Genetic analysis of traits correlated with maize ear length. Maydica 51:301–313;
295. Rothman PG (1984) Registration of four stem rust and crown rust resistant oat germplasm lines. Crop Sci 24:12–17;
296. Rottenberg A (2013) The bearing of biological fitness in humans and crops upon the emergence and spread of agriculture. Nat 873 Genetic Diversity and Modern Plant Breeding;
297. Russel JR, Fuller JD, Macaulei H, Hatz BG, Jagoor A, Powel W, Waugh R, (1997) Direct comparison of level of genetic variation among barley accession detected by RFLPs, AFLPs, SSRs and RAPDs. Theor. Appl. Genet. 95:714-722;
298. Sadiki M, Jarvis D, Rijal D et al (2007) Variety names: an entry point to crop genetic diversity and distribution in agroecosystems. In: Jarvis DI, Padoch C, Cooper HD (eds) Managing biodiversity in agricultural ecosystems. Columbia University Press, NY, pp 34–76;
299. Saltonstall K (2002) Cryptic invasion by a non-native genotype of the common reed, Phragmites australis, into North America. Proc Natl Acad Sci USA 99:2445–2449;
300. Sarca Tr., (1982). Progresele genetice realizate în lucrările d eameliorare a hibrizilor de porumb. An. ICCPT Fundulea (jubiliar) 69-79
301. Sarca Tr.., Ciocăzanu I., (1989) Efectele selecției recurente asupra principalellor însușiri la unele populații autohtone de porumb. An ICCPT Fundulea LVII: 9-26
302. Sarca T. (2004). Ameliorarea porumbului, în Porumbul – Studiu monographic. Edit. Academiei Române.
303. Săulescu N.N., 1980. Posibilități genetice de sporire a capacității de producție a plantelor agricole. Prob. Genet. Teoret. Și aplic. XII; 11-41
304. Scarascia-Mugnozza GT, Perrino P (2002) The history of ex situ conservation and use of plant genetic resources. In: Engels JMM, Ramanatha Rao V, Brown AHD, Jackson MT (eds), Managing plant genetic diversity. CABI Publishing, Oxon, pp 1–22;
305. Scascia-Mugnozza GT, Perrino P (2002) The history of ex situ conservation and use of plant genetic resources, Chap. 1, pp 1–22. In: Engels JMM, Rao R, Brown AHD, Jackson MT (eds)

Managing plant genetic diversity. CABI, Wallingford, Oxford, p 487;
306. Schiemann A, Dauck V, Friedt W, Streng S, Graner A, Ordon F, (1999). Establishment of a fluorescence-based AFLP technique and rapid marker detection for the resistence locus *rym5*. Barley Genet. Newsletter 29:5-7. http://wheat.pw.usda.gov/ggpages
307. Schlegel RHJ (2013) Rye: genetics, breeding, and cultivation. CRC Press, Boca Raton, p 387;
308. Schlegel RHJ, Korzun V (2013) Genes, markers and linkage data of rye (Secale cereale L.). 7th updated inventory. V.09.13, pp 1–11;
309. Schmid B (1994) Effects of genetic diversity in experimental stands of Solidago altissima: evidence for the potential role of pathogens as selective agents in plant populations. J Ecol 82:165–175;
310. Schnable PS, Ware D, Fulton RS, Stein JC, Wei F, Pasternak S et al (2009) The B73 maize genome: complexity, diversity, and dynamics. Science 326:1112–1115;
311. Schut JW, Qi X, Stam P, (1997). Association between relationship measures based on AFLP markers, pedigree data and morphological traits in barley. Theor. Appl. Genet. 95:1161;
312. Sebesta J, Roderick HW, Chong J, Harder DE (1993) The oat line Pc54 as a source of resistance to crown rust, stem rust and powdery mildew in Europe. Euphytica 71: 91–97;
313. Serageldin I (2002) World poverty and hunger—the challenge for science. Science 296:54–58 Shu QY (2009) Induced plant mutations in the genomics era. International symposium on induced mutations in plants. Joint FAO and IAEA Programme, Nuclear Techniques in Food and Agriculture, FAO, Rome, p 458;
314. Shang H, Wei Y, Wang X, Zheng Y (2006) Genetic diversity and phylogenetic relationships in the rye genus Secale L. (rye) based on Secale cereale microsatellite markers. Genet Mol Biol 29:685–691;
315. Simioniuc DP, Uptmoor R, Friedt W, Ordon F, (2002). Genetic diversity and relationships among pea cultivars revealed by RAPDs and AFLPs. Plant Breeding 121. Blackwell Verlag Berlin: 429-435, ISSN 0179-9541;
316. Simioniuc D, Ahlemeyer Jutta, Friedt W, Ordon F, Simioniuc Violeta, (2004) Analysis of genetic diversity among some barley

cutivars using molecular markers (SSR Simple Sequence Repeat) Lucr. Științifice USAM;V Iași, Vol. 47;
317. Simioniuc DP, 2009. Biotehnologii, Ed. Ion Ionescu de la Brad Iasi;
318. Simkova H, Safar J, Suchankova P et al (2008) A novel resource for genomics of Triticeae: BAC library specific for the short arm of rye (Secale cereale L.) chromosome 1R (1RS). BMC Genomics 9:237;
319. Simmonds NW (1993) Introgression and incorporation, strategies for the use of crop genetic resources. Biol Rev 68:539–562;
320. Singh RP, Hodson DP, Jin Y, Huerta-Esopino J, Kinyua M, Wanyera R, Njua P, Ward RW (2006) Current status, likely migration and strategies to mitigate the threat to wheat production from race Ug99 (TTKS) of stem rust pathogen. In: CAB reviews: perspectives in agriculture, veterinary science, nutrition and natural resources 1, No. 054;
321. Smale M, Reynolds MP, Warburton M (2002) Dimensions of diversity in modern spring wheat in developing countries from 1965. Crop Sci 42:1766–1799;
322. Smith OS, Smith JSC (1992) Measurement of genetic diversity among maize hybrids; a comparison of isozymic, RFLP, pedigree and heterosis data. Maydica 37:53–60 Smith S, Cooper, M Gogerty J et al (2014a) Maize. In: Smith S, Diers B, Specht J, Carver B (eds) Yield gains in major U.S. field crops. Crop Science Society of America, Madison, pp 53–99;
323. Smith S, Diers B, Specht J, Carver B (2014b) Yield gains in major U.S. field crops. Crop Science Society of America, Madison, 488 p;
324. Smith S, Cooper, M Gogerty J et al (2014a) Maize. In: Smith S, Diers B, Specht J, Carver B (eds) Yield gains in major U.S. field crops. Crop Science Society of America, Madison, pp 53–99;
325. Smith S, Diers B, Specht J, Carver B (2014b) Yield gains in major U.S. field crops. Crop Science Society of America, Madison, 488 p;
326. Smith S, Loffler C, Cooper M (2006) Genetic diversity among maize hybrids widely grown in contrasting regional environments in the United States during the 1990s. Maydica 51:233–242;
327. Sneller CH (2003) Impact of transgenic genotypes and subdivision on diversity within elite North American soybean. Crop Sci 43:409–414;

328. So HB, Dalal RC, Chan KY, Menzies NM, Freebairn DM (2001) Potential of conservation tillage to reduce carbon dioxide emission in Australian soils, pp 821–826. In: Stott DE, Mohtar RH, Steinhardt (eds) Sustaining the global farm, selected papers from the 10th international soil conservation meeting, 24–29 May, Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory;
329. Stadler LJ (1928a) Mutations in barley induced by X-rays and radium. Science 68:186–187;
330. Stadler LJ (1928b) Genetic effect of X-rays on maize. Proc Natl Acad Sci USA 14:69–75 Stuthman D (2002) Contribution of durable disease resistance to sustainable agriculture. Euphytica 124:253–258;
331. Stevens JB, Brinkman MA (1986) Performance of *Avena sativa* L.x *Avena fatua* L. backcross lines. Euphytica 35:785–792;
332. Stojałowski SA, Milczarski P, Hanek M et al (2011) DArT markers tightly linked with the Rfc1 gene controlling restoration of male fertility in the CMS-C system in cultivated rye (Secale cereale L.). J Appl Genet 52:313–318;
333. Sturtevant, E.L. (1899) US Dept. Agr. Off.Exp. Sta. Bull. 57;
334. Sun, M. (1984). The mystery of Florida's citrus cancer, Science 226/1293<
335. Suneson CA (1967a) Registration of Rapida oats. Crop Sci 7:168;
336. Suneson CA (1967b) Registration of Sierra oats. Crop Sci 7:168;
337. Suneson CA (1969) Registration of Montezuma oats. Crop Sci 9:527;
338. Suba, T. (1973). Valoarea populaţiilor de porumb din vestul ţării ca material iniţial în lucrările de ameliorare. Teză de doctorat. Inst. Agronomic Timişoara;
339. Taba S, van Ginkel M, Hoisington D, Poland D (2004) Wellhausen-Anderson Plant Genetic Resources Center: operations manual. CIMMYT, El Batan, p 24p;
340. Targon´ska M, Rakoczy-Trojanowska M, Bolibok-Bra˛goszewska H (2014) Assessment of genetic diversity of Polish rye breeding materials based on DArTSeq markers (in Polish) presented at the conference Biological diversity of Poland and the strategic plan for biodiversity 2011–2020. Polish Academy of Sciences Botanical Garden—Center for Biological Diversity, Warsaw-

Powsin, 30 June–4 July, 2014. Available at: http://biodivpol2014.pl/ index.php/wydawnictwa;
341. Tecic DL, McBride JL, Bowles ML, Nickrent DL (1998) Genetic variability in the federal threatened Mead's milkweed, Asclepias meadii Torrey (Asclepiadaceae), as determined by allozyme electrophoresis. Ann Mo Bot Gard 85:97–109;
342. Temelie Mihaela, (2006). Plantele medicinale din flora spontană.
343. Templeton AR, Shaw K, Routman E, Davis SK (1990) The genetic consequences of habitat fragmentation. Ann Mo Bot Gard 77:13–27;
344. Tenaillon MI, U'Ren J, Tenaillon O, Gaut BS (2004) Selection versus demography: a multilocus investigation of the domestication process in maize. Mol Biol Evol 21:1214–1225;
345. Tenhola-Roininen T, Kalendar R, Schulman AH, Tanhuanpää P (2011) A doubled haploid rye linkage map with a QTL affecting α-amylase activity. J Appl Genet 52:299–30;
346. Teshome A, Patterson D, Asfew Z, Torrance JK, Arnason JT (2007) Changes of Sorghum bicolor landrace diversity and farmers' selection criteria over space and time. Genet Resour Crop Evol 54:1219–1233;
347. Texas A&M (2010) Texas A&M University releases germplasm lines and cultivars of cotton, corn and wheat. Texas A&M Plant Breeding Bulletin, December 2010;
348. Thomas C, Vos P, Zabeau M, Jones DA, Norcott KA, Chadwick B, Jones JDG, (1995). Identification of amplified restriction fragment length polymorphism (AFLP) markers tightly linked to the tomato Cf-9 gene for resistance to *Cladosporium fulvum*. The Plant Journal 8: 785-794;
349. Thompson RK (1967) Registration of Mesa oats. Crop Sci 7:167;
350. Thompson JN, Nuismer SL, Merg K (2004) Plant polyploidy and the evolutionary ecology of plant/animal interactions. Biol J Linn Soc 82:511–519;
351. Troyer AF (1999) Background of U.S. hybrid corn. Corp Sci 39:601–626 Troyer AF (2004) Background of U.S. hybrid corn II. Crop Sci 44:370–380;
352. Tsutsui ND, Suarez AV, Holway DA, Case TJ (2000) Reduced genetic variation and the success of an invasive species. Proc Natl Acad Sci USA 97:5948–5953;

353. Ullstrup AJ (1972) The impacts of the southern leaf cornblight epidemics of 1970–71. Ann Rev Phytopath 10:37–50;
354. Upadhyaya HD, Dwivedi SL, Baum M et al (2008) Genetic structure, diversity, and allelic richness in composite collection and reference set in chickpea (Cicer arietinum L.). BMC Plant Biol 8:106;
355. UNEP (1972) Declaration of the United Nations conference on the human environment. United Nations Environment Programme, Nairobi. http://www.unep. org/ Documents. Multilingual / Default.Print.asp? documentid= 97 & articleid=1503;
356. UPOV (2009) Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity, and stability; maize. TG/2/7 UPOV, Geneva, Switzerland UPOV (2014) UPOV LEX: UPOV Convention, Geneva, Switzerland. http :// www. upov. Int/ upovlex/en/upov_ convention. html;
357. Valanzuela A (2011) A new agenda for blue agave landraces: food, energy and tequila. GCB Bioenergy 3:15–24;
358. Van de Wouw M, Kik C, van Hintum T, van Treuren R, Visser B (2009) Genetic erosion in crops: concept, research results and challenges. Plant Genet Resour Charact Util 8:1–15 van de Wouw M, van Treuren R, van Hintum T (2013) A historical analysis of diversity trends in French and Dutch letter cultivars. Euphytica 190:229–239;
359. Van de Wouw M, van Hintum T, Kik C, van Treuren R, Visser B (2010) Genetic diversity trends in twentieth century crop cultivars: a meta analysis. Theor Appl Genet 120:1241–1252;
360. Van der Wal L, de Groot M (n.d.) Perspectives for the African export banana. Wageningen Update. University of Wageningen, Wageningen, The Netherlands, pp 26–27;
361. Van Esbroeck G, Bowman DT (1998) Cotton germplasm diversity and its importance to cultivar development. J Cotton Sci 2:121–129;
362. Vasiliu, A. (1974). *Homo rusticus*. Din istoria agriculturii românești;
363. Vaughan DA, Balazs E, Heslop-Harrison JS (2007) From crop domestication to super-domestication. Ann Bot 100:893–901 Vavilov Institute (2014) N.I.;
364. Vavilov Research Institute of Plant Industry. Historical Review. http :// vir. Nw .ru/ history/history.htm, St. Petersburg, Russia;

365. Vellve R (1992) Saving the seed: genetic diversity and European agriculture. Earthscan Ltd., London, p 160p;
366. Vigouroux Y, Mitchell S, Matsuoka Y et al (2005) An analysis of genetic diversity across the maize genome using microsatellites. Genetics 169:1617–1630;
367. Vigouroux Y, Glaubitz JC, Matsuoka Y et al (2008) Population structure and genetic diversity of New World maize races assessed by DNA microsatellites. Am J Bot 95:1240–1253;
368. Vigouroux Y, Mariac C, De Mita S, Pham JL, Gerard B et al (2011) Selection for earlier flowering crop associated with climatic variations in the Sahel. PLoS ONE 6(5):e19563;
369. Voylokov AV, Korzun V, Borner A (1997) Mapping of three self-fertility mutations in rye (Secale cereale L.) using RFLP, isozyme and morphological markers. Theor Appl Genet 97:147–153;
370. Voysest O, Johnson N, Pachico D (2003) The distribution of benefits from public international germplasm banks: the case of beans in Latin America. Argic Econ 29:277–286;
371. Vrânceanu, V. şi Stoenescu, F. (1970). Probleme Agric., 2,34-40;
372. Vrânceanu, V. (2000). Floarea soarelui hibridă. Editura Ceres, Bucureşti;
373. Wallace TP, Bowman D, Campbell BT et al (2008) Status of the USA cotton germplasm collection and crop vulnerability. Genetic Resour Crop Evol. doi:10.1007/s10722-008-9382-2;
374. Wang RL, Wendel JF, Dekker JH (1995) Weedy adaptation in Setaria spp. I. Isozyme analysis of genetic diversity and population genetic structure in Setaria viridis. Am J Bot 82:308–317;
375. Warburton ML, Crossa J, Franco J, Kazi M, Trethowan R, Rajaram S, Pfeiffer W et al (2006) Bringing wild relatives back into the family: recovering genetic diversity in CIMMYT improved wheat germplasm. Euphytica 149:289–301;
376. Waston R. (1983), Recombinant DNA. In: W.Q.H. Freedman, N.T.
377. Waston, R. CricK., O. (1953). Molecular structures of nucleic acids. A structure for deoxiribonse nucleic. Acid. Nature, 171, 732.
378. Willemen L, Scheldeman X, Cabellos VS et al (2007) Spatial patterns of diversity and genetic erosion of traditional cassava (Manihotesculenta Crantz) in the Peruvian Amazon: an

evaluation of socio-economic and environmental indicators. Genet Resour Crop Evol 54:1599–161;
379. Williams SL (2001) Reduced genetic diversity in eelgrass transplantations affects both population growth and individual fitness. Ecol Appl 11:1472–1488;
380. Williams KA (2005) An overview of the U.S. National Plant Germplasm System's exploration program. HortScience 40:297–301;
381. Williams SL, Davis CA (1996) Population genetic analyses of transplanted eelgrass (Zostera marina) beds reveal reduced genetic diversity in southern California. Restor Ecol 4:163–180;
382. Wilcox JR (2004) World distribution and trade of soybean. In: Boerma HR, Specht J (eds) Soybeans: improvement, production, and uses, 3rd edn. Agronomy Monograph 16. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp 1–14;
383. Wright S (1931) Evolution in Mendelian populations. Genetics 16:97–159;
384. Wright SL, Bi IV, Schroder S et al (2005) The effects of selection on the maize genome. Science 308:1310–1314;
385. Zeder MA (2006) Central questions in the domestication of plants and animals. Evol Anthropol 15:105–117 Zeven AC (1998) Landraces: a review of definitions and classifications. Euphytica 104:127–139;

*
* *