

RESURSE GENETICE DE REZISTENȚĂ A FLORII-SOARELUI LA LUPOAIE ÎN CONTEXTUL CONSERVĂRII BIODIVERSITĂȚII

DOI: 10.5281/zenodo.3989162

CZU: 633.85:575:581.1

Doctor în științe biologice **Steliana CLAPCO**

E-mail: stela.clapco@gmail.com

Doctor în științe agricole **Ion GÎSCĂ**

E-mail: IGisca@agroselect.md

Doctor în științe agricole **Aliona CUCEREAVÎI**

E-mail: alionacucereavii@mail.ru

Academician **Maria DUCA**

E-mail: mduca2000@yahoo.com

Universitatea de Stat „Dimitrie Cantemir”

GENETIC RESOURCES OF SUNFLOWER FOR RESISTANCE TO BROOMRAPE IN THE CONTEXT OF BIODIVERSITY CONSERVATION

Summary. Obtaining of sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) resistant to broomrape (*Orobancha cumana* Wallr.) is one of the most effective strategies for parasite control. In this context, the principal objective of the breeders is to identify new sources of resistance for sunflower broomrape and to transfer the genes of resistance into genotypes included in the breeding programs. Over time, various sources of resistance to broomrape have been highlighted, the most important being open pollinated local populations and wild species, and lately – the collections of cultivated sunflower created by sunflower breeding centers.

This paper includes a brief description of principal sources of resistance for sunflower broomrape and of the evolution of breeding programs.

Keywords: sunflower, broomrape, genetic resources, germplasm collections, wild species, hybrids, lines, resistance genes.

Rezumat. Crearea hibridilor de floarea-soarelui (*Helianthus annuus* L.) rezistenți la lupoaie (*Orobancha cumana* Wallr.) rămâne a fi una dintre cele mai eficiente strategii de control al parazitului. În acest context, este primordială identificarea surselor de germoplasmă care conțin gene de rezistență și transferul acestora la genotipurile incluse în procesul de ameliorare. De-a lungul timpului au fost puse în evidență diverse surse de rezistență la lupoaie, cele mai importante fiind populațiile locale cu polenizare liberă și speciile din flora spontană, iar în ultimul timp – colecțiile de linii create în fiecare centru de ameliorare a floarii-soarelui.

Lucrarea de față are drept scop prezentarea sintetică a principalelor surse genetice de floarea-soarelui cu rezistență la patogenul lupoaia (*Orobancha cumana* Wallr.) și a evoluției cercetărilor privind ameliorarea culturii.

Cuvinte-cheie: floarea-soarelui, lupoaie, resurse genetice, colecții de germoplasmă, specii sălbatice, hibridi, linii, gene de rezistență.

INTRODUCERE

Resursele genetice ale unei culturi sunt reprezentate de totalitatea varietăților genetice disponibile în cadrul speciei date, precum și a speciilor sexual compatibile cu aceasta, înglobând un ansamblu impunător de gene de interes care constituie baza procesului de ameliorare. Diversitatea genetică existentă oferă surse potențiale unice de rezistență la stresul biotic și abiotic și, respectiv, posibilități de creare a unor noi soiuri și hibridi de plante de cultură cu caractere agronomice valoroase ce corespund cerințelor pieței [1; 2].

O cultură extrem de valoroasă la nivel mondial este floarea-soarelui, ale cărei semințe se folosesc pe larg atât pentru consumul direct, cât și pentru fabricarea uleiului solicitat în diferite țări ale lumii. Astfel, în anul 2019, producția globală de floarea-soarelui a constituit 50,55 de milioane de tone, iar în anul 2020, conform prognozelor realizate de Departamentul de Agricultură al Statelor Unite ale Americii (USDA), se estimează o creștere a acesteia cu 4,22 milioane de tone (8,34 %) [3]. În contextul dat, identificarea genotipurilor de floarea-soarelui rezistente la diverși factori

abiotici și biotici a constituit o preocupare stringentă a cercetătorilor începând cu sfârșitul sec. al XIX-lea – începutul sec. al XX-lea și rămâne a fi actuală până în prezent.

Lucrările de ameliorare a culturii, inclusiv a formelor cu rezistență la patogenul lupoaia, au debutat în Rusia, unde în baza populațiilor locale de floarea-soarelui au fost create un șir de soiuri cu polenizare liberă, caracterizate prin productivitate înaltă și rezistență la patogeni [4]. Deja la primele etape de cultivare a florii-soarelui s-a constatat că, datorită specificului de interacțiune gazdă-parazit în sistemul *Helianthus annuus* L. – *Orobanche cumana* Wallr. și coevoluției acestuia, introducerea în cultură a genotipurilor rezistente determină apariția noilor rase de lupoaie cu virulență sporită, capabile să depășească barierele de rezistență a culturii [5]. Dat fiind faptul că rasele fiziologice ale parazitului evoluează rapid, amelioratorii și geneticienii sunt permanent în căutarea unor surse noi de rezistență. Prin urmare, identificarea și descrierea acestora reprezintă o etapă de bază în ameliorarea florii-soarelui.

Dezvoltarea liniilor și crearea hibrizilor rezistenți la *Orobanche cumana* sunt determinate de caracteristicile parazitului, de complexitatea genetică a raselor fiziologice ale acestuia, de interacțiunea genotipului cu planta parazit și cu factorii de mediu etc. [6]. Primordială însă este identificarea surselor de germoplasmă care conțin gene de rezistență și transferul lor la genotipurile incluse în procesul de ameliorare. De-a lungul timpului au fost descrise diverse surse de rezistență la *Orobanche cumana*, cele mai importante fiind populațiile locale și speciile din flora spontană, iar în ultimul timp – colecțiile de linii create în fiecare centru de ameliorare a florii-soarelui, inclusiv companiile private.

Lucrarea de față are drept scop prezentarea sintetică a principalelor surse genetice de floarea-soarelui cu rezistență la patogenul lupoaia (*Orobanche cumana* Wallr.) și a evoluției cercetărilor privind ameliorarea culturii.

RESURSE GENETICE DE REZISTENȚĂ A FLORII-SOARELUI LA LUPOAIE

Speciile sălbatice de floarea-soarelui, soiurile cu polenizare liberă și numeroasele populații hibride interspecifice, naturale sau artificiale, precum și liniile consangvinizate derivate din acestea, contribuie la sporirea variabilității genetice [7] și, respectiv, la diversificarea resurselor genetice cu un potențial major în ameliorarea florii-soarelui, constituind o sursă continuă de însușiri agronomice dorite [8; 9].

Populațiile locale de floarea-soarelui. Etapele incipiente de ameliorare au fost axate pe lucrări de creare a soiurilor cu polenizare liberă în baza cultivarelor locale. Astfel, surse de rezistență la *Orobanche cumana* Wallr. au fost identificate în fosta URSS, prin selecție individuală, încă la începutul anilor 1910 [5]. În anul 1913 Sașperov a remarcat existența formelor rezistente la patogen în cadrul grupei de floarea-soarelui caracterizate prin semințe cu strat carbogen, iar în 1916, utilizând diverse forme locale, cercetătorii Stațiunii experimentale Saratov au creat primele soiuri (Saratovsky 169 și Saratovsky 206) rezistente la rasa A de lupoaie [10]. În anii următori au fost elaborate și alte soiuri rezistente la rasa A: Kruglik A-41, Zelenka și Fuksinka [11].

La începutul anilor '30, un șir de regiuni sudice ale URSS s-au confruntat cu o situație dificilă, producția de floarea-soarelui fiind masiv compromisă de infestarea puternică cu lupoaie, astfel, constatându-se apariția unei rase mai virulente a patogenului, care depășea rezistența la rasa A. În acest context, în 1925 L. A. Zhdanov a inițiat lucrările de ameliorare ale florii-soarelui la Stația experimentală Donskaya. Aplicând metoda de selecție pe fundal de infestare artificială puternică cu lupoaie, acesta a reușit să identifice în câmpurile infestate indivizi solitari, relativ rezistenți la patogen, care au stat la baza creării soiurilor Zhdanovsky 6432, Zhdanovsky 8281 și Stepnyak [5].

În perioada 1925–1960, V. S. Pustovoit crează la Institutul de Cercetare a Plantelor Uleoase (VNIIMK), Krasnodar, Federația Rusă un șir de cultivare rezistente la rasa B. Aceste soiuri au fost utilizate ulterior ca surse de rezistență la rasa C, fiind identificate mai multe gene pentru rezistența la lupoaie, care au fost introduse în programele de ameliorare [12].

Până la începutul anilor '70 ai secolului trecut, producția de floarea-soarelui s-a bazat, în special, pe soiuri cu polenizare liberă [13], iar Institutul VNIIMK era considerat cel mai important centru de ameliorare a florii-soarelui. În paralel cu dezvoltarea soiurilor în baza populațiilor locale s-au efectuat cercetări de consangvinizare, resursele genetice fiind reprezentate, în mare parte, de linii consangvinizate, mult mai ușor de menținut [14].

Soiurile vechi create în Rusia, ulterior în Uniunea Sovietică, inclusiv colecția de germoplasmă din VNIIMK, VIR, Institutul de Genetică și Selecție din Odesa ș.a. au fost cultivate în diferite țări din Europa și America și folosite pentru obținerea unor soiuri locale, adaptate la condițiile de mediu specifice. Astfel, în mare parte, resursele genetice cultivate actualmente derivă din aceste forme cu polenizare liberă provenite din Rusia. În baza materialului respectiv de ameliorare

au fost create linii rezistente la rasele B, E, F de lupoaie, precum și linii care manifestă o rezistență cantitativă la rasa F [15].

În România, primele lucrări de ameliorare a floării-soarelui s-au efectuat în anii 1932–1938, la Stațiunea Experimentală Agricolă Târgu-Frumos, continuând la Stațiunile Agricole din Câmpia Turzii și Mărculești și, ulterior, începând cu anul 1961, în cadrul I.C.C.P.T. Fundulea care, treptat, a căpătat renume mondial [16]. În Republica Moldova, selecția formelor de floarea-soarelui rezistente la lupoaie a constituit o preocupare de bază încă de la începutul secolului al XX-lea, programul principal de ameliorare la rezistență fiind realizat, preponderent, în cadrul Stațiunii experimentale de plante etero-uleioase VNIIMK [17] și al Institutului de Cercetare a Culturilor de Câmp „Selecția” din Bălți [18-22].

Lucrările de selecție axate pe crearea soiurilor cu polenizare liberă au fost sistate complet în anii '70, fiind substituite prin cercetări de explorare a fenomenului de heterozis și crearea hibridilor de floarea-soarelui, impulsionate de descoperirea primelor surse de androsterilitate citoplasmatică (ASC) [23] și, respectiv, a genelor restauratoare de fertilitate [24; 25]. Ca rezultat al acestor descoperiri, cercetările de ameliorare capătă treptat amploare nu doar în sectorul public, ci și în cel privat, fiind create colecții impunătoare de resurse genetice de floarea-soarelui [26].

Speciile sălbatice de *Helianthus*. Numeroase lucrări de specialitate demonstrează faptul că speciile sălbatice din genul *Helianthus* prezintă surse importante de variabilitate pentru caracterele morfologice, agronomice, rezistența la boli și dăunători, toleranța la secetă, calitatea uleiului, sterilitatea citoplasmatică, restaurarea fertilității și alte trăsături de interes [1; 2].

Speciile sălbatice de *Helianthus* spp., în special cele perene, se remarcă inclusiv printr-o rezistență înaltă la infecția cu lupoaie. Rezistența genetică la primele rase ale parazitului a fost inițial detectată la specia sălbatică *H. tuberosus* L., iar prima introgresiune a rezistenței în specia *H. annuus* L. de cultură a fost realizată de către Pustovoit. Astfel, în baza genelor de rezistență de la *H. tuberosus* L. au fost obținute soiurile de floarea-soarelui Peredovik și VNIIMK 1646 recunoscute la nivel internațional și caracterizate prin rezistență la rasa C apărută în anii '60–70 ai secolului trecut [12]. Utilizarea acestei specii sălbatice și a metodei de obținere a hibridilor interspecifici dintre specia diploidă ($2n=34$) *H. annuus* și cea hexaploidă ($2n=102$) *H. tuberosus* propusă de Pustovoit a constituit o eră nouă în ameliorarea floării-soarelui, atât în fosta URSS, cât și în România [12; 27] și Serbia [28].

Studiile ulterioare au pus în evidență multe alte specii de *Helianthus* rezistente la lupoaie, care constituie un fond major de gene de rezistență ce pot fi încorporate în cultivarele de floarea-soarelui prin hibridizare interspecifică, asigurând rezistența la toate rasele de *O. cumana* cunoscute, inclusiv la cele mai virulente (F, G, H). Astfel, pe lângă *H. tuberosus*, Pustovoit și Krasnokutskaja [29] au raportat un nivel înalt de rezistență la lupoaie în speciile *H. scaberimus*, *H. diuvaricatus* și *H. rigidus*, iar Pogorletsky și Geshele [30] au folosit ca surse de gene de rezistență *H. maximiliani*, *H. mollis*, *H. pauciflorus* și *H. divaricatus*.

Dozet și Marinkovic [31] au constatat că o sursă excelentă de gene de rezistență la rasele A, B și E a patogenului este reprezentată de specia *H. petiolaris* ssp. *petiolaris*. Savanții spanioli au identificat 29 de specii perene de *Helianthus* sp. cu un nivel înalt de rezistență la rasele E și F de lupoaie, relevând, totodată, un nivel foarte scăzut de rezistență în cazul speciilor anuale, din totalul de opt specii testate, rezistență la rasa F prezentând doar *H. anomalus*, *H. agrestis* și *H. exilis* [32; 33].

Printre speciile perene rezistente la *O. cumana* se numără un șir de specii diploide ($2n=34$): *H. atrorubens*, *H. decapetalus*, *H. divaricatus*, *H. giganteus*, *H. glaucophyllus*, *H. gracilentus*, *H. grosseserratus*, *H. microcephalus*, *H. nuttallii* (4 subsp.), *H. salicifolius*, *H. smithii*; tetraploide ($2n=68$): *H. hirsutus*, *H. laevigatus*, *H. pumilus*, *H. strumosus*, precum și hexaploide ($2n=102$): *H. californicus*, *H. ciliaris*, *H. xlaetiflorus*, *H. pauciflorus*, *H. tuberosus* [34]. Petcu și Păcureanu [35] au raportat un hibrid interspecific, derivat din specia sălbatică *H. argophyllus*, care a prezentat rezistență la rasa F de lupoaie răspândită în România.

Hibridizarea interspecifică și introgresiunea genelor de rezistență de la speciile anuale ale genului *Helianthus* la floarea-soarelui cultivată nu prezintă cereva dificultăți, realizându-se, destul de ușor, după o schemă convențională de încrucișare sau back-cross. Pe când hibridizarea cu specii perene este o sarcină de dificultate majoră, determinată de diferențele în numărul de cromozomi și incompatibilitatea soldată cu avortarea timpurie a embrionului hibrid și a nivelului înalt de sterilitate în generațiile F_1 și BC_1 [36]. Problema menționată a fost soluționată de savanți prin utilizarea culturii de embrioni, dublarea numărului de cromozomi în F_1 și crearea amfiploizilor. Astfel, folosind această abordare, Jan și Fernández-Martínez [37] au transferat cu succes genele de rezistență din speciile sălbatice perene *H. grosseserratus*, *H. maximiliani* și *H. divaricatus* în specia cultivată, obținând patru populații (BR1, BR2, BR3 și BR4) rezistente la rasa F de lupoaie, care afectează masiv câmpurile de floarea-soarelui din Spania.

Hladni și colab. [7] au dezvoltat un șir de linii restauratoare noi, rezistente la rasa E și F, prin încrucișări interspecifice a populațiilor derivate din specia anuală *H. deserticola*, în timp ce Cvejčić și colab. [38] au relevat rezistența unei linii create în baza acestei specii inclusiv la rasa G de lupoaie. Colegii din România au raportat rezistența deplină a unor genotipuri din speciile *H. praecox*, *H. debilis*, *H. petiolaris* la rasele de lupoaie prezente în România [39]. Date similare au obținut și cercetătorii din Rusia, constatând că speciile anuale *H. petiolaris*, *H. debilis* și *H. praecox* manifestă rezistență la populațiile de lupoaie provenite din localitatea Kopanskaya, Krasnodar care aparține rasei E. Totodată, *H. petiolaris* se distinge inclusiv printr-un grad de atac neesențial în cazul infestării cu lupoaia din rasa G. Rezistență la această rasă de *O. cumana* au prezentat și un șir de specii perene de *Helianthus* din colecția VIR, precum *H. floridanus*, *H. decapetalus*, *H. divaricatus*, *H. hirsutus*, *H. laetiflorus*, *H. tuberosus*, *H. californicus*, *H. giganteus*, *H. grosseserratus*, *H. maximiliani*, *H. nuttallii*, *H. salicifolius*, *H. glaucophyllus*, *H. occidentalis* [40].

Prin hibridizări interspecifice cu mai multe specii sălbatice de *Helianthus*, în Institutul Agricol Dobrudja (General Toshevo) din Bulgaria au fost create o serie de genotipuri cu rezistență la rasele A – G. Astfel, într-un studiu amplu realizat de Christov și colaboratorii au fost puse în evidență 11 specii perene – *H. ciliaris*, *H. decapetalus*, *H. divaricatus*, *H. eggertii*, *H. hirsutus*, *H. maximiliani*, *H. nuttallii ssp. rydbergi*, *H. pumilus*, *H. rigidus*, *H. smithii*, *H. tuberosus*, ce au prezentat rezistență la *O. cumana* [41]. Mai târziu, același grup de autori a constatat că rezistență la rasele de lupoaie răspândite în Bulgaria manifestă inclusiv unele specii anuale de *Helianthus*, precum *H. annuus* (forma sălbatică), *H. argophyllus*, *H. debilis*, *H. petiolaris* și *H. praecox* [42]. De asemenea, cercetătorii bulgari au reușit să obțină forme de floarea-soarelui rezistente la lupoaie prin hibridizare intergenerică dintre *H. annuus* și *Inula helenium* L., *Tithonia rotundifolia* (Mill.) S.F. Blake și *Verbesina elianthoides* Michx [42]. Nikolova și colab. au raportat ca rezistente la lupoaie un șir de specii de *Helianthus* perene diploide – *H. divaricatus*, *H. giganteus*, *H. glaucophyllus*, *H. grosseserratus*, *H. mollis*, *H. nuttallii*, *H. smithii* și hibridii interspecfici obținuți în baza acestora [43].

Recent, rezistența la rasa G a fost transferată la floarea-soarelui de cultură de la *H. debilis ssp. anual. tardiflorus* Heiser [44]. Ulterior, Louarn și colab. au identificat patru loci de caractere cantitative (QTL) asociate rezistenței la lupoaie (rasa spaniolă F) într-o populație derivată din linia LR1, selectată din încrucișările interspecifice *H. debilis ssp. debilis* × *H. annuus* [45].

Resurse de gene create în diverse centre de cercetare. O altă sursă importantă de gene ce conferă rezistență la patogenul *O. cumana* sunt genofondurile de floarea-soarelui cultivată, care includ diferite tipuri de populații sintetice și linii consangvinizate create în mai mulți ani de reproducere. Genotipurile de floarea-soarelui de cultură au început să fie explorate, pe scară largă, ca surse de rezistență la lupoaie după introducerea, în anii '60 – '70, a liniilor consangvinizate și a hibridilor [6].

Drept rezultat al concentrării eforturilor de ameliorare a florii-soarelui, sub presiunea îndelungată a selecției, s-au conturat două grupe de proveniență a rezistenței la lupoaie – una alcătuită din resursele genetice de pe teritoriul ex-URSS și alta constituită din populații de origine europeană, în special din România, fosta Iugoslavie, Turcia. Astfel, în baza colecției de floarea-soarelui de cultură a INCDA Fundulea, Vranceanu și colaboratorii [27] au dezvoltat un set de linii diferențiate de floarea-soarelui pentru rasele A-E de lupoaie, fiecare dintre acestea purtând o singură genă dominantă ce conferă rezistență la o anumită rasă a patogenului (*Or1-Or5*). Ulterior, Păcureanu și echipa au creat liniile LC 1093, LC 009 și AO-548 rezistente la rasele F și G de lupoaie [46]. Utilizarea germoplasmei cultivate de floarea-soarelui a permis introducerea genelor de rezistență în genotipul unor linii valoroase și obținerea de hibridi comerciali rezistenți la *O. cumana*, printre primii numărându-se Fundulea 53 și Fundulea 80 [16].

Cu toate acestea, identificarea rezistenței la rasele mai virulente de *O. cumana* în germoplasma de floarea-soarelui cultivată este destul de dificilă, ținând cont de genofondul restrâns al acestora comparativ cu formele sălbatice. În cadrul unor experiențe de testare a 903 genotipuri de *H. annuus* de cultură, realizate în Turcia, au fost puse în evidență doar 22 de forme rezistente [47], iar în investigațiile efectuate de cercetătorii spanioli, din totalul de 429 de genotipuri evaluate, doar 8 au manifestat rezistență la rasa E de lupoaie [48]. Ulterior, doar 4 accesii din cele raportate ca rezistente în Turcia au prezentat rezistență la rasa F răspândită în Spania [49]. Printr-un oarecare nivel de rezistență la lupoaie se caracterizează, în special, soiurile de origine rusă, română și turcă. Din germoplasma soiurilor vechi provenite din Rusia și Iugoslavia au fost dezvoltate un șir de linii, precum L86, AM1, AM2, AM3, P96, K96, R96, unele dintre ele prezentând rezistență uniformă la rasele B, E și F de lupoaie și segregare pentru rasa G, iar altele – rezistență cantitativă la rasa F [15; 49].

Existența unui patrimoniu de gene pentru rezistență la lupoaie în cadrul florii-soarelui cultivate a permis

crearea unor linii consangvinizate rezistente la noile rase de lupoaie. Astfel, în baza colecțiilor de floarea-soarelui cultivată menținute de Institutul Culturilor de Câmp și Leguminoase din Novi Sad și Institutul National de Cercetări Agronomice din Toulouse au fost obținute liniile HA 267 și, respectiv, LR1 rezistente la rasa G. De remarcat inclusiv liniile VIR-665, VIR-221, VIR-222, No. 667, No. 769, No. 3046, provenite din germoplasma de floarea-soarelui de cultură a Institutului de Resurse Genetice Vegetale „N. I. Vavilov” (VIR), Rusia [6].

CONSERVAREA GERMOPLASMEI DE FLOAREA-SOARELUI

Biodiversitatea și resursele genetice care o înglobează reprezintă elemente cheie în asigurarea securității alimentare, mijloacelor de trai durabile, rezistenței ecosistemului, strategiilor de combatere și atenuare a efectelor schimbărilor climatice, cerințelor nutriționale adecvate și gestionării eficiente a proceselor biologice necesare pentru producerea agricolă sustenabilă. Conservarea speciilor de culturi importante, a soiurilor, populațiilor locale și speciilor sălbatice înrudite constituie baza unui sistem agricol durabil și asigură securitatea aprovizionării cu alimente. La nivel mondial, este importantă conservarea și gestionarea diversității genetice *in situ* (resurse genetice menținute ca populații sălbatice în habitate naturale) și *ex situ* (accesiuni conservate în băncile de gene), care asigură păstrarea genelor valoroase, inclusiv din formele ancestrale, și furnizează gene noi pentru adaptarea la condițiile schimbătoare ale mediului [14].

Colecții de floarea-soarelui. Sub aspect global, colecțiile de floarea-soarelui însumează cca 15 000 de accesii de floarea-soarelui cultivată și sălbatică. Cea mai veche bancă de gene datează cu anul 1922 și aparține Institutului de Resurse Genetice Vegetale „N. I. Vavilov” (Sankt Petersburg, Rusia). Actualmente, colecția VIR include 2 730 de accesii de floarea-soarelui provenite din 52 de țări, cu precădere din Rusia și fostele republici unionale, precum și din SUA (171 de accesii), Bulgaria (137), Argentina (87), Franța (68), Canada (49), China (42) ș.a. În colecție sunt incluse 2 230 de accesii de floarea-soarelui de cultură și 550 de forme sălbatice, aparținând la 24 de specii, inclusiv 5 anuale și 19 perene. Germoplasma de floarea-soarelui este reprezentată de soiuri și populații locale, cultivate din cadrul programelor de ameliorare naționale și străine, precum și diferite populații colectate pe parcursul activității de cercetare. Colecția conține cca 400 de genotipuri cu polenizare liberă, 189 de linii cu caractere morfologice diferite, 120 de linii restauratoare de fertilitate, 20 de linii cu androsteri-

litate citoplasmatică și analogii lor fertili, 557 de linii consangvinizate, dintre care 262 de linii VIR și 289 de linii provenite din diverse programe de ameliorare străine ș.a [50].

Totodată, cea mai numeroasă și diversă, din punct de vedere genetic, colecție *ex situ* de floarea-soarelui este cea menținută de Departamentul de Agricultură a Statelor Unite – parte a Sistemului Național de Germoplasmă vegetală (*USDA-ARS National Plant Germplasm System*) – amplasată în orașul Ames, statul Iowa. Colecția de germoplasmă cultivată de floarea-soarelui a fost deschisă în 1948, ulterior, începând cu anii '70, fiind inițiată și colecția de specii sălbatice. În prezent, banca de gene USDA include 2 519 accesii provenite din flora spontană, dintre care 1 028 de accesii de *H. annuus* sălbatică, 613 ce aparțin la 13 specii înrudite anuale și, respectiv, 878 de accesii din 39 de specii perene. Majoritatea genotipurilor sălbatice provin din SUA, Mexica, Canada și Australia. Adicional, în colecție sunt menținute și distribuite aproximativ 2 500 de accesii de floarea-soarelui cultivată, inclusiv un număr semnificativ de linii cu introgresiuni din speciile sălbatice [51].

Printre cele mai mari bănci de gene de floarea-soarelui se numără inclusiv cele menținute de Institutul Culturilor de Câmp și Leguminoase din Novi Sad, Serbia și de Institutul National de Cercetări Agronomice (INRA) din Toulouse, Franța. Astfel, colecția din Serbia, inițiată în anul 1980, însumează 21 de specii perene de *Helianthus* și 8 anuale, reprezentate prin 332 și, respectiv, 185 de accesii. Colecția INRA conține 665 de accesii din flora sălbatică, reprezentate în special prin *H. annuus* (369 de accesii) și specii înrudite perene (230 de accesii). Colecția de germoplasmă cultivată cuprinde cca 2 300 de linii, majoritatea de origine franceză (1 500 de linii), linii ce provin din SUA (340), Bulgaria (88), Rusia (87) și România (82), precum și un număr impunător (cca 400) de soiuri cu polenizare liberă și populații de câmp obținute în cadrul programelor de ameliorare, originare preponderent din Rusia, Franța, România, SUA, Spania și Maroc [14]. De remarcat, de asemenea, băncile de gene din Argentina, Bulgaria, Germania, India, România, Spania, China și Turcia ce conțin valoroase resurse genetice de floarea-soarelui.

În baza hibrizilor rezistenți la diverse rase de lupoaie, prin procedee convenționale de autopolenizare și back-cross cu selectarea genotipurilor pe fondal artificial de lupoaie, amelioratorii dezvoltă colecții de linii proprii, care sunt menținute în cadrul centrelor de cercetare și ameliorare a florii-soarelui, reprezentând patrimoniul propriu în ameliorarea la rezistență.

CONCLUZII

Co-evoluția gazdă-parazit și experiența amelioratorilor de floarea-soarelui, timp de circa 100 de ani, au condiționat necesitatea de a acumula nivele de rezistență cantitativă împreună cu cea calitativă pentru a evita depășirea rezistenței de către noile rase de paraziți. Elementul de bază în aceste procese îl constituie identificarea și conservarea resurselor genetice, care conțin gene de rezistență – specifice și nespecifice.

Inițial, programele de dezvoltare a hibrizilor de floarea-soarelui rezistenți la *O. cumana* se bazează, în principal, pe gene dominante unice moștenite din germoplasma locală sau din flora spontană – donatori ai genelor *Or* de rezistență. Actualmente însă există numeroase surse de germoplasmă obținute prin hibridare interspecifică, care au contribuit la diversificarea resurselor genetice de floarea-soarelui și acumularea genelor de rezistență.

BIBLIOGRAFIE

- Seiler G. J., Chao-Chien J. Wild sunflower species as a genetic resource for resistance to sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.). In: *Helia*, 2014, vol. 37, nr. 61: <https://doi.org/10.1515/helia-2014-0013>.
- Seiler G. J. Genetic resources of the sunflower crop wild relatives for resistance to sunflower broomrape. In: 4th International Symposium on Broomrape in Sunflower, București, 2018, p. 4-14.
- [on-line] <http://www.worldagriculturalproduction.com/crops/sunflower.aspx> (vizitat la 16.04.2020).
- Pustovoyt V. S. Podsolnechnik, Rukovodstvo po selektsii i semenovodstvu maslichnykh kul'tur. M.: Kolos, 1967, s. 7-44.
- Gorbachenko F. I., Usatenko T. V., Gorbachenko O. F. Rezultaty selektsii podsolnechnika na ustoychivost' k zarazhke na Donu. V: Maslichnye kul'tury, Nauchno-tehnicheskii byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur, 2010, vyp. 2, s. 144-145.
- Cvejić S., Radanović A., Dedić B., Jocković M., Jocić S., Miladinović D. Genetic and genomic tools in sunflower breeding for broomrape resistance. In: *Genes* (Basel), 2020, vol. 11, nr. 2:152. doi:10.3390/genes11020152.
- Hladni N., Jocić S., Miklič V., Saftić-Panković D., Škorić D. New *Rf* inbred lines originating from an interspecific population with *H. deserticola* for development of sunflower hybrids resistant to broomrape. In: *Helia*, 2009, vol. 32, nr. 51, p. 81-90.
- Vranceanu A.V. Floarea-soarelui hibridă. București: Ceres, 2000. 1147 p.
- Tavoljanski N., Yesaev A., Yakutkin V., Akhtulova E., Tikhomirov V. Using the collection of wild species in sunflower breeding. In: *Helia*, 2002, nr. 25(36), p. 65-77.
- Satsyperov F. A. Ustoychivost' pantsirnykh sortov podsolnechnika zarazikhii. In: Tr. Byuro po prikl. botanike, 1913, t. 6, s. 251-261.
- Plachek E.M. Problemy selektsii podsolnechnika. In: Trudy Vsesoyuznogo S'ezda po genetike, 1932, № 2, s.126.
- Pustovoyt V.C. Seleksiya, semenovodstvo i nekotorye voprosy agrotekhniki podsolnechnika: Izbr. tr. - M.: Kolos, 1966, 368 s.
- Vear F. Changes in sunflower breeding over the last fifty years. In: *OCL*, 2016, vol. 23, nr. 2, 6 p., <https://doi.org/10.1051/ocl/2016006>.
- Terzić S., Boniface M.C., Marek L., Alvarez D., Baumann K., Gavrilova V., Joita-Pacureanu M., Sujatha M., Valkova D., Velasco L., Hulke B.S., Jocić S., Langlade N., Muñoz S., Rieseberg L., Seiler G., Vear F. Gene banks for wild and cultivated sunflower genetic resources. In: *OCL*, 2020, vol. 27, nr. 9, <https://doi.org/10.1051/ocl/2020004>.
- Pérez-Vich B., Velasco L., Munoz-Ruz S. Registration of three sunflower germplasms with quantitative resistance to race F of broomrape. In: *Crop Science*, 2006, vol. 46, nr. 3, p. 1406-1407.
- Păcureanu-Joița M., Vranceanu A. V., Stanciu D. Genetica și ameliorarea plantelor, cincizeci de ani de activitate în ameliorarea florii-soarelui la Fundulea, AN. I.N.C.D.A. Fundulea, Vol. LXXV, 2007, p. 173-195.
- Sharova P.G. Zarazikha opasnyy parazit podsolnechnika, Kishinev: Izdatel'stvo Kartya Moldovenyaskie. 1977, 20 s.
- Buciuceanu M., Petcovici I., Lungu E. Crearea materialului inițial și ameliorarea în baza lui a hibrizilor semitardivi de floarea-soarelui, toleranți la atacul patogenilor. În: Tezele conferinței internaționale „Protecția integrată a culturilor de câmp”, Bălți, 2009, p. 200-202.
- Buciuceanu M. Floarea-soarelui. În: Ameliorarea specială a plantelor agricole. 2004, p. 301-324.
- Vronskikh M. D., Petkovich I. Bolezni podsolnechnika i mery po bor'be s nimi. Min-vo sel. khoz-va i industrii, NII polevykh kul'tur „Selectia”. Chisinau: IEFS, 2007, s. 68.
- Vronskikh M. D., Chebotar' O.D. Mirovoy rynek podsolnechnika i produktov ego pererabotki. Sovremennye problemy nauchnogo obespecheniya proizvodstva podsolnechnika. In: Sb. dokl. mezhdunar. nauch-prakt. konf. posvyashch. 120-letiyu V.S. Pustovoyta, Krasnodar, 2006, s. 50-68.
- Lupașcu C., Buciuceanu M., Rotaru T. Ameliorarea hibrizilor de floarea-soarelui cu rezistență la noile rase de lupoaie. Tezele conf. șt. consacrată celor 50 ani de activitate a ICCC. 1996, p. 29-30.
- Leclercq P. Une stérilité mâle cytoplasmique chez le tournesol. In: *Ann. Amélior. Pl.* 1969, nr. 19, p. 99-106.
- Leclercq P. La stérilité mâle cytoplasmique du tournesol. I. Premières études sur la restauration de la fertilité. In: *Ann. Amélior. Plant.*, 1971, nr. 21, p. 45-54.
- Kinman M.L. New developments in the USDA and state experiment station sunflower breeding programs. In: Proc. 4th Int. Sunflower Conf. 23-25 June 1970, Memphis, TN, USA. Int. Sunflower Assoc., Toowoomba, Qld., Australia, p. 181-183.
- Dimitrijevic A., Horn R. Sunflower hybrid breeding:

- from markers to genomic selection. In: *Front Plant Sci.* 2018, nr. 8:2238. doi:10.3389/fpls.2017.02238.
27. Vranceanu A.V., Tudor V.A., Stoenescu F.M., Pirvu N. Virulence groups of *Orobanche cumana* Wallr. differential hosts and resistance sources and genes in sunflower. In: *Proceedings of the 9th International Sunflower Conference, Torremolinos, Spain, 8–13 June 1980*, p. 74-80.
28. Skoric D. Sunflower breeding. In: *Journal of Edible Oil Industry*, 1988, nr. 25, p. 1-90.
29. Pustovoit G.V., Krasnokutskaya O.N. Wild *Helianthus* species as the results of sunflower for disease resistance. In: *Proc. of the VII Sunfl. Inter. Conf., Krasnodar, SSSR, 1976*, p. 202-205.
30. Pogorletsky P.K., Geshele E.E. Sunflower immunity to broomrape and rust. In: *Proc. 7th Int. Sunflower Conf., Krasnodar, Russia, 27 June–3 July, 1976. Int. Sunflower Assoc. Paris, France*, p. 238-243.
31. Dozet B., Marinkovic R. Resistance of wild *Helianthus annuus* L. and *Helianthus petiolaris* ssp. *petiolaris* to broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.). In: *Proc II Balkan Symp. on Field Crops, Novi Sad, Yugoslavia, 1998*, p. 161-164.
32. Ruso J., Sukno S., Dominguez J., Melero-Vara J.M., Fernandez-Martinez J.M. Screening of wild *Helianthus* species and derived lines for resistance to several populations of *Orobanche cernua*. In: *Plant Dis.*, 1996, nr. 80, p. 1165-1169.
33. Fernandez-Martinez J.M., Melero-Vara J., Munoz-Ruz J., Ruso J., Dominguez J. Selection of wild and cultivated sunflower for resistance to a new broomrape race that overcomes resistance of the *Or5* gene. In: *Crop Sci.*, 2000, nr. 40, p. 550-555.
34. Fernandez-Martinez J.M., Dominguez J., Perez-Vich B., Velasco L. Update on breeding for resistance to sunflower broomrape. In: *Helia*, 2010, vol. 33, nr. 52, p. 1-12.
35. Petcu E., Păcureanu-Joița M. Developing drought and broomrape resistant sunflower germplasm utilizing wild *Helianthus* species. In: *Helia*, 2011, vol. 34, nr. 54, p. 1-8.
36. Perez-Vich B., Akhtouch B., Munoz-Ruz J. Inheritance of resistance to a highly virulent race F of *Orobanche cumana* Wallr. in a sunflower line derived from interspecific amphiploids. In: *Helia*, 2002, nr. 36, p. 137-144.
37. Jan C.C., Fernandez-Martinez J.M. Interspecific hybridization, gene transfer, and the development of resistance to broomrape race F in Spain. In: *Helia*, 2002, vol. 36, p. 123-136.
38. Cvejic S., Dedic B., Jovic S., Miladinovic D., Miklic V. Broomrape resistance in newly developed sunflower inbred lines. 18th International Sunflower Conference, At Mar del Plata, Argentina, 2012.
39. Anton G., Păcureanu-Joița M., Săuca F., Risnoveanu L. Evaluating of wild heliantus species of sunflower and interspecific hybridization for resistance to broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.). In: *Analele Universității din Craiova, seria Agricolă – Montanologie – Cadastru*, 2017, vol. XLVII, p. 7-11.
40. Antonova T.S., Araslanova N.M., Strel'nikov E.A., Chelyustnikova T.A., Ramazanova S.A., Guchet' S.Z., Otsenka ustoychivosti dikorastushchikh vidov *Helianthus* k vysokovirulentnoy zarazikhe (*Orobanche cumana* Wallr.), porazhayushchey podsolnechnik v Rostovskoy oblasti RF. V: *Maslichnye kul'tury, Nauchno-tekhnicheskii byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur*. 2011, vyp. 2, s. 148-149.
41. Christov M., Batchvarova R., Hristova-Cherbadzhi M. Wild species of IL. – sources of resistance to the parasite *Orobanche cumana* Wallr. In: *Helia*, 2009, vol. 32, nr. 51, p. 65-74.
42. Christov M. Contribution of interspecific and intergeneric hybridization to sunflower breeding. In: *Helia*, 2013, vol. 36, nr. 58, p. 1-18.
43. Nikolova L.M., Christov M., Seiler G. Interspecific hybridization between *H. pumilus* Nutt. and *H. annuus* L. and their potential for cultivated sunflower improvement. In: *Helia*, 2004, vol. 27, nr. 41, p. 151-162.
44. Velasco L., Pérez-Vich B., Yassein A.M., Jan C.C., Fernández-Martínez J.M. Inheritance of resistance to broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in an interspecific cross between *Helianthus annuus* and *Helianthus debilis* ssp. *tardiflorus*. In: *Plant Breeding*, 2012, vol. 131, p. 220-221.
45. Louarn J., Boniface M.C., Pouilly N., Velasco L., Pérez-Vich B., Vincourt P., Muñoz S. Sunflower resistance to broomrape (*Orobanche cumana*) is controlled by specific QTLs for different parasitism stages. In: *Front. Plant Sci.*, 2016, <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00590>
46. Păcureanu-Joița M., Raranciuc S., Procopovici E., Sava E., Nastase D.T. The impact of the new races of broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) parasite in sunflower crop in Romania. In: *Proceedings of the 17th International Sunflower Conference, Cordoba, Spain, 8 June 2008*, p. 225-231.
47. Gulya T.J., Aydin A., Brothers M. Evaluation of broomrape (*Orobanche cumana*) resistance in sunflower germplasm of the USDA Plant Introduction Collection. In: *Proc. 16th Sunflower Res. Workshop, Fargo, ND, USA, 13-14 January, 1994. Natl. Sunf. Assoc. Bismarck, ND, USA*, p. 53-55.
48. Dominguez J., Melero-Vara J.M., Ruso J., Miller J., Fernandez-Martinez J.M. Screening for resistance to broomrape (*Orobanche cernua*) in cultivated sunflower. In: *Plant Breeding*, 1996, vol. 115, p. 201-202.
49. Fernández-Martínez J., Pérez-Vich B., Akhtouch B., Velasco L., Muñoz-Ruz J., Melero-Vara J.M., Domínguez J. Registration of four sunflower germplasms resistant to race F of broomrape. In: *Crop Sci.*, 2004, nr. 44, p. 1033-1034.
50. Gavrilova V. A., Rozhkova V. T., Anisimova I. N. Sunflower genetic collection at the Vavilov Institute of Plant Industry. In: *Helia*, 2014, vol. 37, nr. 60, p. 1-16.
51. Marek L.F. Sunflower genetic resources. In: Kaya Y., Hasancebi S., editors, *Proceedings of the 19th International Sunflower Conference, Edirne, Turkey, 29 May–3 June 2016. International Sunflower Association, Paris*, p. 31-44.