

VARIABILITATEA UNOR POPULAȚII DE LUPOAIE ORIGINARE DIN CHINA. MORFOMETRIA ȘI IDENTIFICAREA RASELOR (I)

<https://doi.org/10.52673/18570461.21.1-60.05>
CZU: 582.952.6:581.4:575.174.015.3

Academician, profesor universitar **Maria DUCA**

E-mail: mduca2000@yahoo.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5855-5194>

Doctor în biologie **Ana MUTU**

E-mail: ana.mutu@usm.md

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8603-142X>

Doctor în biologie **Ina BIVOL**

E-mail: bivolinga@yahoo.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6052-1540>

Doctor în biologie **Steliana CLAPCO**

E-mail: stela.clapco@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7147-2740>

Masterand anul II **Chao WANG**

E-mail: wangchaochina@hotmail.com

Universitatea de Stat din Moldova

VARIABILITY OF SOME BROOMRAPE POPULATIONS FROM CHINA. MORPHOMETRY AND RACE IDENTIFICATION (I)

Summary. The article is a synthesis of some studies on the identification of broomrape races originating from China and the determination of the level of intra- and interpopulation variability based on the morphometric parameters of the seeds. The racial status of the analyzed populations was established, also two races of broomrape were identified: race G (Ch1 from Inner Mongolia and Ch3 from HeBei) and race H (Ch2 from Inner Mongolia) using internationally recognized differential *Or* homosygous lines set. Comparative analyses on the morphometric characteristics of broomrape revealed significant differences in seed Length (Ch1 and Ch3 populations, race G) and Length/width ratio (Ch3 and Ch4), which is an indication of the moderate level of interpopulation variability. In the case of assess of the intrapopulation variability level, the relatively homogeneous (Ch2, Ch3 and Ch4) and relatively heterogeneous (Ch1) populations were identified. According to the coefficient of variation, the population Ch2 identified as H broomrape race has distinguished as the most homogeneous for the investigated biometric indices of the seeds. The moderate positive correlations (between Length and width seed, between seed length and L/w ratio), the strong positive correlations (between Length and L/w ratio) and also the strong negative correlations (between width and L/w ratio) were established. The results obtained through *Pearson* coefficient revealed the discrimination of populations by region.

Keywords: *Orobanche cumana*, variability, race structure, morphological analysis, differential *Or* homosigotes lines.

Rezumat. Lucrarea reprezintă sinteza unor studii privind identificarea raselor de lupoaie originare din China și determinarea nivelului de variabilitate intra- și interpopulațională în baza parametrilor morfometrici ai semințelor. Utilizând setul de linii diferențiatore, homozigote după gene *Or* specifice pentru cele mai răspândite rase, au fost identificate două rase de lupoaie: rasa G (Ch1 din Inner Mongolia și Ch3 din Hebei) și rasa H (Ch2 din Inner Mongolia). Analizele comparative, efectuate pe caracteristicile morfometrice ale semințelor, au relevat existența diferențelor statistic semnificative în ceea ce privește lungimea semințelor (populațiile Ch1 și Ch3) și raportul lungime/lățime (Ch3 și Ch4), fapt ce indică un nivel moderat de variabilitate interpopulațională. La nivel intrapopulațional s-au identificat populații relativ omogene (Ch2, Ch3 și Ch4) și relativ eterogene (Ch1). Conform coeficientului de variație, populația Ch2 (rasa H) s-a remarcat ca fiind cea mai omogenă după indicii biometrici investigați ai semințelor. Au fost stabilite corelații moderate pozitive între lungimea și lățimea semințelor, între lungimea semințelor și raportul L/l, puternice pozitive între lungime și raport și puternice negative între lățime și raport. Rezultatele obținute în baza coeficientului *Pearson* au evidențiat discriminarea populațiilor pe regiuni.

Cuvinte-cheie: *Orobanche cumana*, variabilitate, statut rasial, analiză morfologică, linii diferențiatore.

INTRODUCERE

Lupoaia (*Orobanche cumana* Wallr.) este o plantă angiospermă holoparazită care atacă floarea-soarelui (*Helianthus annuus* L.) la nivelul sistemului radicular. Fiind o plantă superioară cu frunze solziforme, lipsită de clorofilă și nefotosintetizatoare, întreg ciclul de viață se realizează cu utilizarea exclusivă a rezervelor de apă, substanțelor organice și elementelor minerale din planta gazdă. În consecință, la floarea-soarelui se constată reținerea proceselor de creștere și dezvoltare, micșorarea dimensiunilor organelor vegetative și, în special, reducerea diametrului calatidiului și numărului de semințe per calatidiu [1-5]. Toate acestea conduc la diminuarea recoltei atât sub aspect cantitativ, cât și calitativ.

Pe parcursul evoluției *O. cumana* a fost pe larg răspândită în stepa virgină din zona mediteraneană ca plantă care parazita pe *Artemisia maritima* și *A. austriaca* Jacq. [6]. În scurt timp după introducerea florii-soarelui în cultura agricolă pe teritoriul Rusiei (sec. XIX), lupoaia își schimbă preferințele față de planta-gazdă, trecând aproape integral pe *H. annuus* L. și acest lucru a provocat o expansiune surprinzătoare a parazitului în toate țările din jurul Mării Negre [7-12].

Extinderea producției de floarea-soarelui în lume și evoluția rapidă a parazitului a dus la schimbări bruște în structura genetică a populațiilor de lupoaie, ceea ce a contribuit la apariția unor rase noi extrem de virulente capabile să depășească imunitatea soiurilor și hibrizilor performanți, anterior rezistenți. Până în prezent au fost descrise opt rase de lupoaie (A, B, C, D, E, F, G și H), dintre care rasele E, F, G și H sunt cele mai agresive [10; 13; 14].

Astăzi lupoaia se întâlnește în majoritatea țărilor cultivate de floarea-soarelui (Rusia, Turcia, Republica Moldova, Franța, Spania, Serbia, Bulgaria, Ucraina, Israel, Iran, Kazahstan, China etc.), cu excepția Americii de Nord și de Sud, devenind una dintre cele mai devastatoare constrângeri biotice și un factor limitativ deosebit de periculos al recoltei. În funcție de soiurile cultivate, agresivitatea parazitului, regiunea și nivelul de contaminare lupoaia provoacă pierderi de productivitate de la 50 % până la 100 % [8; 10; 13; 14].

China devine în ultimii ani una dintre țările cu cele mai mari suprafețe de floarea-soarelui, care este a doua, cea mai importantă cultură oleaginoasă după soia [15]. Potrivit FAOSTAT, în 2019 suprafața cultivată a constituit 850 000 ha cu o productivitate de 2,85 tone/ha și o recoltă totală de 2 420 000 tone [16]. Floarea-soarelui se cultivă pe terenurile agricole din nord-vestul Chinei, în special în provinciile Inner Mongolia, Xinjiang, Heilongjiang, Jilin, Shanxi,

Shaanxi, Hebei, Gansu, Ningxia [17], datorită adaptabilității sale la diferite tipuri de sol și de climă [15]. Cele mai mari suprafețe se atestă în provincia Inner Mongolia, unde floarea-soarelui ocupă 0,4 milioane ha de teren arabil, ceea ce reprezintă 40,2 % din suprafața totală plantată la nivel de țară [18].

La fel ca și în alte state producătoare de floarea-soarelui, în China lupoaia a devenit o plantă care parazitează frecvent agrofitecenozele, fiind observată pentru prima dată în 1959 pe un sector individual din provincia Heilongjiang [19]. Ulterior, *Orobanche cumana* s-a răspândit pe larg în zona de nord-est a țării, iar actualmente a devenit o problemă serioasă infectând până la 40 % din terenurile plantate cu floarea-soarelui, provocând pierderea recoltei cu 25-40 % [17; 18; 20; 21]. În regiunea Inner Mongolia până în prezent au fost identificate 7 rase de lupoaie A-G și un biotip care a infectat terenuri cu suprafața de până la 0,13 milioane ha fiind caracterizat cu o virulență mai agresivă decât rasa G [17; 22-24].

Astfel, pentru studierea distribuției și cartografierii rasiale la nivel global, prezintă interes cunoașterea în profunzime a diversității, variabilității și polimorfismului genetic al populațiilor de lupoaie de origine geografică și genetică diferită (inclusiv ale celor din China) în condiții similare, utilizând aceeași metodologie și tehnici de cercetare. Aceste investigații vor contribui, de asemenea, la caracterizarea raselor și populațiilor de *Orobanche cumana* Wallr. și, finalmente, la elaborarea programelor de ameliorare a florii-soarelui cu rezistență la lupoaie și strategiilor durabile de control ale patogenului.

MATERIALE ȘI METODE

În calitate de obiect de studiu au servit populații de *Orobanche cumana* Wallr. provenite din Republica Populară Chineză, notate convențional ca populații Ch1 (orașul Hohhot), Ch2 (orașul Bayanuur), Ch3 (provincia Hebei) și Ch4 (regiunea Xinjiang) (tabelul 1). Semințele au fost colectate în anul 2018.

Analiza microscopică a semințelor. Pentru descrierea structurii fenotipice și efectuarea măsurărilor, semințele de lupoaie au fost fixate pe lame port-obiect și examinate la microscopul optic trinocular (x160, model XSZ-206T/CCD, camera 5Mpixel). Analiza morfologică (lungime, lățime, raportul lungime/lățime) s-a realizat pe eșantioane de 100 de semințe, selectate aleatoriu din fiecare populație. Parametrii morfometrici ai semințelor au fost analizați în baza indicilor: media aritmetică (\bar{x}), abaterea standard (SD), eroarea mediei (S_x), coeficientul de variație (CV, %) [26].

Populațiile de *O. cumana* Wallr. provenite din Republica Populară Chineză [25]

Indicele probei	Localizarea		Condițiile climaterice				Caracteristica solului	
	Regiunea, provincia	Coordonate geografice	Temperatura, °C		Umiditatea relativă, %		Tipul de sol	pH-ul
			Media pe 2016-2020	Perioada 05.-08. 2018	Media pe 2016-2020	Perioada 05.-08. 2018		
Ch1	Inner Mongolia	40°72'21.88"N 109°57'64.29"E	21,87	23,00	58,73	58,70	Sol castaniu cernoziomic	7,50
Ch2		40°58'84.18"N 107°10'01.42"E	23,80	24,33	53,47	57,00	Sol nămolos	7,90
Ch3	Provincia Hebei	41°85'91.74"N 114°60'46.31"E	27,33	28,00	80,73	78,00	Sol castaniu cernoziomic	8,00
Ch4	Regiunea Xinjiang	45°06'95.74"N 84°64'19.76"E	23,93	24,00	40,47	39,00	Sol aluvial	7,90

Analiza varianței (ANOVA) caracterelor morfometrice investigate ale semințelor de *O. cumana* a fost efectuată prin intermediul softului statistic XLSTAT (versiunea 2014, Microsoft Office EXCEL 2010). Diferențele dintre valorile medii au fost considerate statistic semnificative dacă $p < 0,05$ conform testului *Tukey*. Corelația dintre parametrii morfometrici ai semințelor de lupoaie a fost testată prin calcularea coeficientului *Pearson* (r , $P = 0,05$) [26].

Determinarea statutului rasial al populațiilor de *O. cumana*. În scopul identificării virulenței populațiilor de lupoaie, drept instrument de cercetare a servit un set de cinci linii diferențiatore de floarea-soarelui, dintre care un genotip susceptibil (*Performer* de la Institutul Național de Cercetare și Dezvoltare Agricolă Fundulea, INCDA) și patru genotipuri cu rezistență la diferite rase de lupoaie (tabelul 2). 30 de plante de floarea-soarelui ale fiecărui diferențiator (câte 15, în două repetiții) au fost cultivate în vase de vegetație cu capacitatea de 0,5 kg, care conțineau un amestec de nisip și turbă (în raport de 1,5:1,0), ulterior infectat uniform cu 75 mg semințe de lupoaie din fiecare populație colectată [27].

Liniile de floarea-soarelui au fost cultivate în seră pentru o perioadă de 80 de zile la temperaturi de

18/24 °C (noapte/zi) cu o fotoperioadă de 14 ore la 40 W/m² de intensitate a luminii. La sfârșitul perioadei experimentale, plantele au fost colectate, iar substratul a fost îndepărtat cu atenție de pe sistemul radicular. După spălare și uscare cu hârtie de filtru fiecare plantă de floarea-soarelui a fost descrisă, fotodocumentată și s-au efectuat măsurările parametrilor morfometrici. Concomitent, a fost cuantificat numărul total de atașamente de lupoaie de pe rădăcina plantei-gazdă, inclusiv bulbii, tuberculii, lăstarii subterani și aerieni.

Pentru a stabili virulența fitoparazitului *O. cumana* a fost determinată frecvența (F , %), intensitatea atacului (I) și gradul de atac (GA) conform următoarelor formule:

- F (%) = $(N / Nt) \times 100$ (N – numărul de plante infectate, Nt – numărul total de plante);
- I = a / N (a – numărul total de atașamente de lupoaie, N – numărul de plante infectate);
- GA = $(F \times I) / 100$.

Plantele cu valoarea indicelui de frecvență F de 0-5 % și valoarea gradului de atac de 0-0,5 au fost considerate ca fiind linii rezistente, cele cu F 5-20 % – tolerante, iar plantele cu F mai mare de 20% și GA mai mare de 0,5 – sensibile [28].

Tabelul 2

Setul diferențiator utilizat în studiul variabilității populațiilor de lupoaie

Diferențiator	Proveniență	Caracteristici
Performer	INCDA Fundulea, România	Susceptibil, fără gene de rezistență
LC1003A	INCDA Fundulea, România	<i>Or5*</i> , rezistent la rasa E
LC1093A	INCDA Fundulea, România	<i>Or6</i> , rezistent la rasa F
H1E	Limagrain, Republica Moldova	<i>Or7</i> , rezistent la rasa G
H2Lg	Limagrain, Republica Moldova	Necunoscut, rezistent la rasa H

Notă: * *Gena de rezistență care corespunde genotipului diferențiator.*

REZULTATE

Descrierea morfologică a semințelor. Caracteristicile morfometrice ale semințelor de lupoaie, analizate la microscopul optic, au furnizat informații privind diferențierea populațiilor examinate. S-a demonstrat o variabilitate evidentă a formei și mărimii semințelor, precum și a structurii tegumentului seminal (figura 1). Semințele de *O. cumana* analizate sunt mici, cu o varietate de forme elipsoidale, oblongoide, ovoide, tetragonometrice etc. Investigația microscopică a semințelor a relevat o culoare maro închisă și opacă a tegumentului seminal. Scoarța semințelor este reticulată cu celule poligonale, care variază mai mult sau mai puțin de la izodiametrice la tangențial alungite, fiind uneori neregulate.

Investigarea fenotipică a suprafeței semințelor și infrastructurii tegumentului seminal a pus în evidență o uniformitate relativă, care confirmă faptul că aceasta nu poate constitui un criteriu de diferențiere esențial și nu prezintă valoare taxonomică.

Dimensiunea semințelor. În urma evaluării parametrilor morfometrici (tabelul 3) s-a constatat că lungimea semințelor de *O. cumana* a variat în limitele 0,32 mm (Ch1) și 0,38 mm (Ch3). La nivel interpopulațional, doar populațiile Ch1 și Ch3 prezintă valori medii ale parametrului dat cu diferențe statistic semnificative ($p < 0,05$) față de toate populațiile luate în studiu. Valorile pentru lungimea semințelor din populația Ch2 sunt foarte apropiate de cele din populația Ch4, fapt confirmat și prin analiza ANOVA (testul Tukey, $p < 0,05$) care a caracterizat diferența dintre ele statistic nesemnificativă. Diferențele între valorile medii ale lungimii semințelor (0,04-0,06 mm) statistic semnificative indică un nivel moderat de variabilitate interpopulațională.

În cazul evaluării lățimii semințelor de lupoaie a fost observată o diversitate interpopulațională scăzută a caracterului cercetat. Valoarea medie minimă a lățimii semințelor de *O. cumana* (0,15 mm) a fost atestată la populația Ch1 din Inner Mongolia și valoarea maximă (0,18 mm) – la populația Ch4 din regiunea

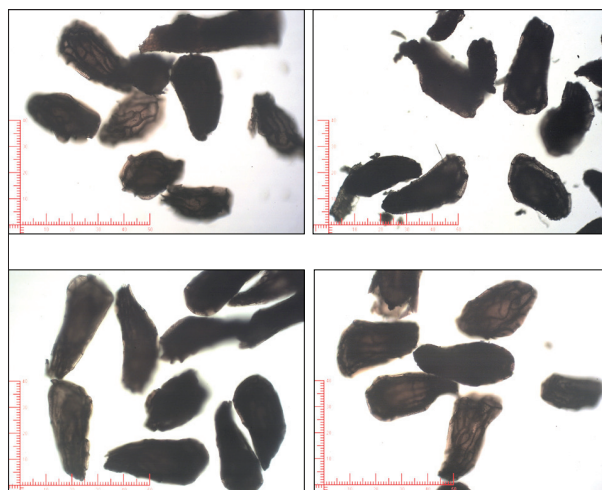


Figura 1. Semințe de lupoaie vizualizate la microscopul optic ($\times 160$ ori): Ch1, Ch2 – Inner Mongolia; Ch3 – provincia Hebei; Ch4 – regiunea Xianjiang.

Xianjiang. Dintre cele patru populații analizate doar populația Ch1 relevă o diferență statistic semnificativă ($p < 0,05$) pentru valoarea medie a parametrului dat în comparație cu toate celelalte populații.

Prin urmare, în cadrul studiului comparativ al indicilor biometrici, precum lungimea și lățimea semințelor de *O. cumana*, prin analiza statistică descriptivă s-a evidențiat populația Ch1 din Inner Mongolia cu cele mai mici valori medii ale caracterelor morfologice analizate.

Raportul lungime/lățime (L/l) a variat între limitele 2,08-2,28 (tabelul 3), depășind valoarea 2, particularitate specifică speciei de lupoaie investigate, atestată la semințele de *O. cumana* și de către alți cercetători [29; 30]. Acest raport reflectă forma alungită și îngustă a semințelor studiate de *O. cumana*. Testul statistic ANOVA aplicat pentru valorile raportului L/l a scos în evidență populațiile Ch3 și Ch4 (provenite din diferite regiuni), indicând o diferență statistic semnificativă ($p < 0,05$) între aceste două populații și nesemnificativă cu populațiile din regiunea Inner Mongolia (Ch1 și Ch2).

Tabelul 3

Particularitățile morfometrice ale semințelor de *O. cumana*

Populația	Lungimea semințelor, mm	CV, %	Lățimea semințelor, mm	CV, %	Raport lungime/lățime	CV, %
Ch1, Inner Mongolia, or. Hohhot	0,32 \pm 0,0 ^c	19,56	0,15 \pm 0,0 ^b	19,27	2,17 \pm 0,90 ^{a,b}	20,97
Ch2, Inner Mongolia, or. Bayanuur	0,36 \pm 0,01 ^b	12,64	0,17 \pm 0,01 ^a	13,81	2,14 \pm 0,06 ^{a,b}	13,45
Ch3, provincia Hebei	0,38 \pm 0,0 ^a	11,29	0,17 \pm 0,0 ^a	13,67	2,28 \pm 0,08 ^a	17,87
Ch4, regiunea Xianjiang	0,36 \pm 0,01 ^b	13,95	0,18 \pm 0,00 ^a	12,82	2,08 \pm 0,08 ^b	18,66

Notă: Valorile reprezintă media \pm eroarea valorii medii; $n = 100$; CV – coeficientul de variație; analiza statistică prin ANOVA, testul Tukey ($p < 0,05$), literele exponențiale arată diferența statistic semnificativă dintre populații.

Pentru a estima variabilitatea intrapopulațională a fost necesară calcularea *coeficientului de variație* (CV, %) a parametrilor morfometrici investigați, care permite evaluarea gradului de omogenitate a valorilor individuale și variația acestora față de valoarea medie (tabelul 3, figura 2). Compararea variației individuale a semințelor de lupoaie a pus în evidență populații relativ omogene (Ch2, Ch3 și Ch4) și relativ eterogene (Ch1), în funcție de parametrul analizat (figura 2A).

Astfel, în conformitate cu valorile coeficientului de variație a lungimii și lățimii semințelor de *O. cumana* (tabelul 3) toate populațiile investigate au fost identificate ca populații relativ omogene ($10\% \leq CV < 20\%$). În cazul CV al raportului L/l populațiile au fost grupate în: relativ omogene (Ch2, Ch3 și Ch4) și relativ eterogene (Ch1).

Populația Ch1, colectată din regiunea Inner Mongolia, se caracterizează printr-o diversitate morfologică a semințelor relativ eterogenă după valoarea CV a raportului L/l (20,97 %), dar și după CV a lungimii (19,56 %) și lățimii (19,27 %) semințelor fiind cu valori apropiate de 20 (tabelul 3). Populația Ch2 cu aceeași proveniență (Inner Mongolia) s-a remarcat ca fiind cea mai omogenă populație (comparativ cu celelalte populații), după CV a indicilor biometrici investigați ai semințelor, lungimea/ lățimea/ raportul L/l (12,64 %/ 13,81 %/ 13,45 %) (figura 2A).

În continuare a fost determinat *coeficientul de corelație* (Pearson, r) în vederea identificării relațiilor de interdependență între parametrii morfometrici studiați pentru fiecare populație. Prin asocierea valorilor între lungimea și lățimea semințelor pentru fiecare populație separat s-au identificat corelații moderate statistic semnificative ($p < 0,05$) doar în cazul populațiilor Ch1 ($r = 0,41$) și Ch2 ($r = 0,45$) (figura 2B).

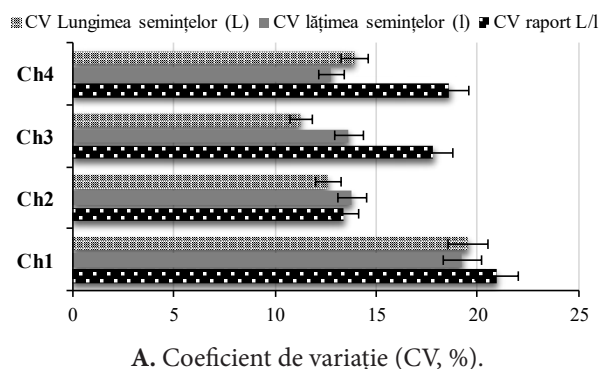
De asemenea, s-au observat asocieri corelative moderate între lungimea semințelor și raportul L/l pentru aceleași populații din regiunea Inner Mongolia (Ch1: $r = 0,55$ și Ch2: $r = 0,47$). Lungimea semințelor corelează mai puternic cu raportul L/l în cadrul celorlalte populații Ch3 ($r = 0,60$) și Ch4 ($r = 0,71$).

În cazul corelației dintre lățime și raportul L/l a semințelor valoarea coeficientului este negativă, de o intensitate medie ($r = -0,51$ și $r = -0,57$) pentru populațiile din Inner Mongolia (Ch1, respectiv Ch2) și puternică ($r = -0,78$) pentru Ch3 și Ch4 ($r = -0,71$).

Rezultatele obținute în baza coeficientului de corelație între indicii biometrici analizați ai semințelor de lupoaie indică asupra unei discriminări a populațiilor pe regiuni, fiind atestate asocieri corelative de intensitate medie cu semnificație statistică ($p < 0,05$) care au caracterizat populațiile din regiunea Inner Mongolia (Ch1 și Ch2) și corelații mai puține, dar de o intensitate puternică și statistic semnificative în cadrul populațiilor din provincia Hebei (Ch3) și regiunea Xinjiang (Ch4).

Diversitatea dimensiunilor semințelor în cadrul populațiilor este un fenomen des întâlnit. Această variabilitate poate depinde de o varietate de factori, cum ar fi polenizarea, aprovizionarea cu nutrienți din contul plantei-gază, condițiile climaterice și de sol (tabelul 1).

Identificarea statutului rasial al populațiilor investigate de *O. cumana*. În scopul stabilirii raselor fiziologice ale populațiilor de lupoaie studiate a fost efectuată infestarea în condiții artificiale, utilizând linii de floarea-soarelui cu reacție cunoscută față de atacul de lupoaie. Studiul comparativ privind răspunsul celor cinci diferențiatori de floarea-soarelui față de atacul cu lupoaie a permis determinarea valorilor *frecvenței*, *intensității* și *gradului de atac* (figura 3). Este important de menționat că populația de semințe Ch4



Populația	Coeficientul Pearson (r)		
	L:l	L:L/l	L:l/l
Ch1	0,41*	0,55*	- 0,51*
Ch2	0,45*	0,47*	- 0,57*
Ch3	0,01	0,60*	- 0,78*
Ch4	0	0,71*	- 0,71*

Figura 2. Valorile indicilor de variație (A) și de corelație (B) ale parametrilor biometrici la semințele de lupoaie

Notă: Ch1, Ch2 – populații din regiunea Inner Mongolia; Ch3 – populații din provincia Hebei; Ch4 – populații din regiunea Xianjiang; L – lungimea; l – lățimea; CV (%) interpretare: populație omogenă ($CV < 10\%$), relativ omogenă ($10\% \leq CV < 20\%$), relativ eterogenă ($20\% \leq CV < 30\%$), eterogenă ($> 30\%$); barele de eroare arată abaterea standard a mediei; * – corelații statistic semnificative (Pearson, $r(100)$, $p = 95\%$) [36].

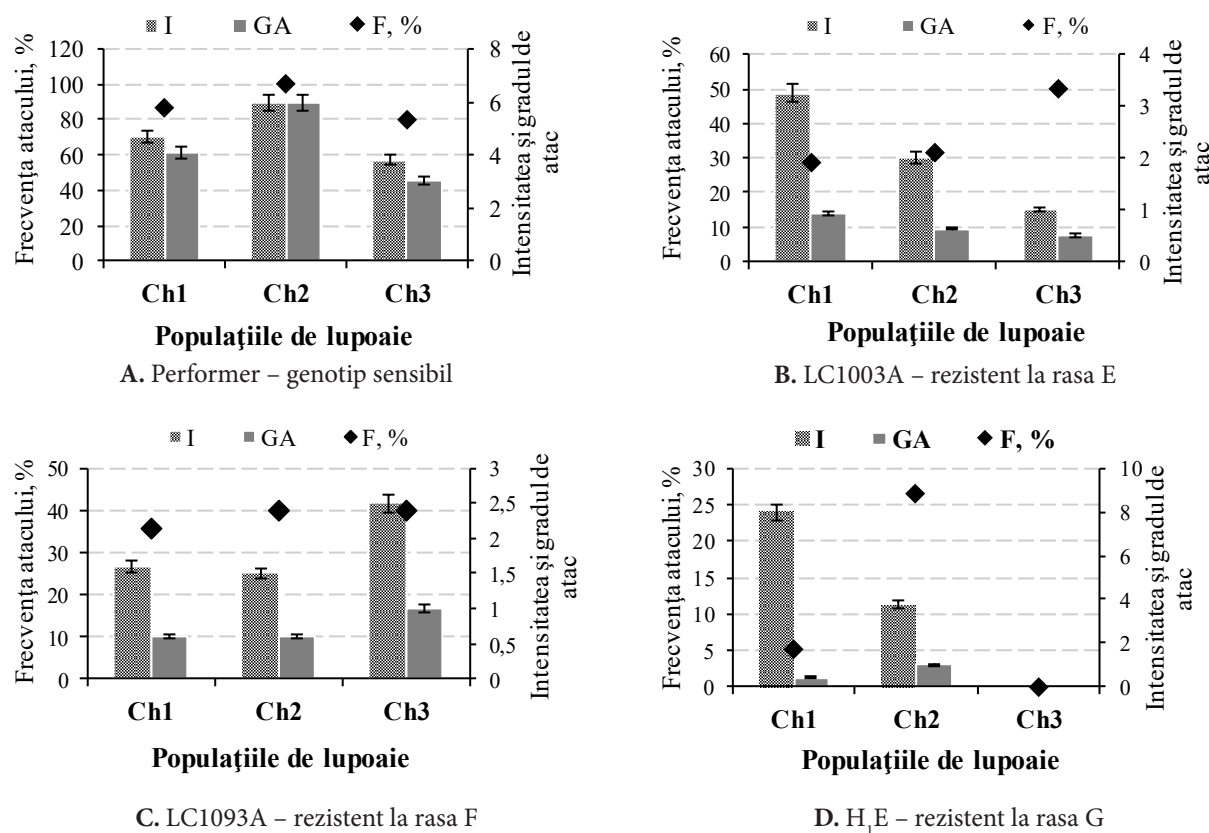


Figura 3. Frecvența, intensitatea și gradul de atac al populațiilor de lupoaie asupra liniilor diferențioare de floarea-soarelui.

Notă: Ch1, Ch2 – populații din regiunea Inner Mongolia și Ch3 – populație din provincia Hebei; I – intensitatea atacului; GA – gradul de atac; F – frecvența atacului; barele de eroare arată abaterea standard a mediei.

din regiunea Xinjiang nu a germinat. Din aceste considerente va lipsi din următoarele etape de analiză.

În cazul genotipului sensibil *Performer* (figura 3A), care nu conține nicio genă de rezistență la *O. cumana*, au fost identificate cele mai mari valori ale frecvenței atacului cuprinse între 80 % (Ch1) și 100 % (Ch2) și ale intensității atacului – 3,80 (Ch3) și 6,00 (Ch2). Cea mai agresivă s-a dovedit a fi populația Ch2 din Inner Mongolia, care a relevat o intensitate și un grad de atac de peste 80 % și un nivel al frecvenței atacului în jur de 100 %.

Diferențiatorul LC1003A (figura 3B), purtător al genei *Or5* de rezistență la rasa E, a prezentat valori ale frecvenței cuprinse între cca 29 % (Ch1) și 50 % (Ch3), ale intensității atacului între 1,00 (Ch3) și 3,25 (Ch1) și ale gradului de atac de 0,50 (Ch3) și 0,93 (Ch1). Astfel, acest genotip a demonstrat o sensibilitate ridicată la atacul fitoparazitului *O. cumana*, semnalată în cazul tuturor celor trei populații investigate (cu frecvența atacului > 20 %), fapt ce indică prezența unei rase mai virulente comparativ cu rasa E.

O legitate similară se atestă și în cazul diferențiatorului LC1093A (figura 3C) care conține gena *Or6* și este rezistent la rasa F de lupoaie. Frecvența atacului a vari-

at între 36 % (Ch1) și 40 % (Ch2 și Ch3), intensitatea atacului – 1,50 (Ch2) și 2,50 (Ch3) și gradul de atac – 0,60 (Ch1 și Ch2) și 1,00 (Ch3). Rezultatele respective demonstrează că LC1093A nu este rezistent la atacul celor trei populații de lupoaie, acestea aparținând, prin urmare, unei rase mai agresive, comparativ cu rasa F.

Tabloul evaluării virulenței populațiilor de *O. cumana* cu genotipul diferențiator H₁E, care prezintă rezistență la rasa G, arată diferit (figura 2D) comparativ cu rezultatele anterioare. Diferențiatorul H₁E a prezentat lipsa infestării cu lupoaie din populația provenită din provincia Hebei (Ch3), fapt ce confirmă apartenența acestei populații la rasa G. Potrivit datelor obținute în cazul genotipului, populația de lupoaie Ch1 din regiunea Inner Mongolia s-a caracterizat prin cel mai mic grad de atac (0,40) și frecvența de 5 % (figura 3D), rezultate ce ne permit clasificarea acestei populații de *O. cumana*, de asemenea, la rasa fiziologică G. A doua populație de lupoaie (Ch2) cu aceeași proveniență a prezentat valori ridicate pentru indicii de determinare a virulenței speciei parazitare: frecvența de cca 27 %, intensitatea atacului de 3,80 și gradul de atac – 1,00. Astfel, populația respectivă poate fi determinată ca rasa H sau o rasă mai agresivă de *O. cumana* Wallr.

Această concluzie este confirmată și de rezultatele obținute în cazul genotipului H₂Lg (Limagrain), care a manifestat o imunitate totală la atacul populațiilor de *O. cumana* incluse în acest studiu. H₂Lg, care este diferentiator pentru rasa H, nu a fost infestat cu lupoaie din populația Ch2, populație care s-a caracterizat printr-o frecvență a atacului mare (> 20 %) pentru celelalte linii testate de floarea-soarelui. Aceste date experimentale demonstrează apartenența la rasa H a populației de lupoaie din Inner Mongolia (Ch2).

Astfel, cercetările efectuate au făcut posibilă identificarea și definirea a două rase fiziologice ale populațiilor de lupoaie incluse în studiu: rasa G (populația Ch1 din Inner Mongolia și Ch3 din provincia HeBei) și rasa H (Ch2 din Inner Mongolia).

DISCUȚII

Cercetările recente efectuate în studiul lupoaiei pe teritoriul Republicii Populare Chineze demonstrează că lupoaia se întâlnește preponderent în nord-vestul și nord-estul țării, unde sunt amplasate cele mai întinse teritorii cultivate cu floarea-soarelui [17; 21; 24; 31]. Astfel, regiunea Inner Mongolia se caracterizează printr-o distribuție vastă a parazitului *O. cumana*, cu o infestare severă în orașele Wulanhot, Tongliao, Chifeng, Wulanchabu, Hohhot, Baotou, Bayannur și Erdos, unde a cauzat pierderi de roadă de la 10 până la 100 %, în funcție de gradul de severitate al infecției [18; 32]. De asemenea, în provincia Hebei au fost înregistrate scăderi ale productivității florii-soarelui de la 30 % până la lipsa totală a recoltei începând cu anul 2014 [33].

În studiile privind distribuția și cartografierea rasială a lupoaiei a fost pusă în evidență prezența raselor A-E în majoritatea câmpurilor cultivate cu floarea-soarelui din provincia Hebei [34], iar în regiunea Inner Mongolia – rasele A-G, dominantă fiind în special rasa G [17; 21-23].

Reieșind din datele experimentale ale studiului, a fost identificată rasa G de *O. cumana* în cazul semințelor colectate din Inner Mongolia (orașul Hohhot) și din provincia Hebei, confirmând datele deja existente [17]. Totodată, a fost identificată o rasă fiziologică mai virulentă, și anume rasa H, în regiunea Inner Mongolia, orașul Bayannur, care a demonstrat la nivelul genotipului sensibil *Performer* și cel mai înalt grad de agresivitate. Populațiile de lupoaie analizate în lucrarea de față s-au dovedit a fi mai agresive comparativ cu cele descrise anterior în China.

Rezultatele obținute privind analiza morfologică a suprafeței și microstructurii tegumentului seminal al semințelor colectate din trei regiuni ale Republicii Populare Chineze, indiferent de zona de colectare a probelor și de rasa identificată, au evidențiat particula-

rități taxonomice caracteristice speciei de *O. cumana*, tipul morfologic III [35], concluzie confirmată și de alte cercetări realizate asupra speciilor de *Orobancha* [29; 36; 37]. La nivelul lungimii și lățimii semințelor diferențe distincte între populații nu au fost stabilite, indicând o variabilitate intra- și interpopulațională moderată, date menționate și în studii similare, realizate prin microscopie electronică de scanare [37; 38].

Raportul L/l se consideră un parametru mai relevant și mai independent de influența a condițiilor de mediu în caracterizarea semințelor de lupoaie [29]. Spre deosebire de Krupp A. și colab. (2015), care au depistat un raport de 1,87-1,96 pentru anumite populații din China comparativ cu populațiile de semințe europene, în cazul actualelor investigații au fost constatate valori cuprinse între 2,08-2,28. Aceste date demonstrează forma alungită, specifică pentru specia de *O. cumana*. Pentru *O. crenata*, *O. minor*, *O. cernua* și unele specii din ordinul *Phelipanche* raportul L/l este < 2,00, ceea ce denotă o formă sferică a semințelor [29; 35]. Între raportul L/l și lățimea seminței au fost atestate asocieri corelative de intensitate puternică pentru populațiile Ch3 ($r = -0,78$) și Ch4 ($r = -0,71$), confirmând cercetările anterioare efectuate pe 38 de populații din diverse zone ale Republicii Moldova [30].

Deși diferențe considerabile și asocieri relevante nu au fost puse în evidență, trebuie totuși de menționat că populația Ch2 (Inner Mongolia), care reprezintă rasa H, după CV al indicilor biometrici investigați ai semințelor (lungimea 12,64 %, lățimea 13,81 %, raportul L/l 13,45 %) se caracterizează prin cel mai înalt grad de omogenitate. Raportul L/l ($2,14 \pm 0,06$) este cel mai mic și pune în evidență o formă a semințelor mai rotundă comparativ cu celelalte două populații.

Diversitatea nesemnificativă a caracterelor biometrice demonstrează particularitățile genetic determinate caracteristice speciei *O. cumana* și ar putea fi cauzată de factori externi (tabelul 1), cum ar fi temperatura, umiditatea relativă a aerului și precipitațiile atmosferice, compoziția și pH-ul solului etc. [39-41].

CONCLUZII

Prezentul studiu oferă unele date noi care vor contribui la caracterizarea raselor și populațiilor de *Orobancha cumana* Wallr. din China și la dezvoltarea strategiilor durabile de control al patogenului.

În baza datelor descriptive și a coeficientului de variație (11,29-20,97 %) a fost relevată o variabilitate inter- și intrapopulațională moderată a populațiilor de lupoaie din Republica Populară Chineză.

În cadrul studiilor cu referire la reacția fiziologică a liniilor diferentiatore a fost stabilit statutul rasial al

populațiilor investigate de *O. cumana*, inclusiv populația Ch1 din Inner Mongolia și Ch3 din provincia Hebei fiind atribuite rasei G, iar populația Ch2 din Inner Mongolia fiind identificată ca rasa H.

Populația Ch2 (Inner Mongolia), în conformitate cu indicii de frecvență, intensitate și gradul de atac, s-a dovedit a fi cea mai agresivă.

NOTĂ. Aducem sincere mulțumiri dnei doctor, profesor universitar Jun ZHAO, Inner Mongolia Agriculture University (China), pentru materialul biologic semincier oferit cu amabilitate în scopul realizării acestui studiu.

Rezultatele expuse în articol au fost obținute în cadrul proiectului din Programul de Stat 20.80009.5107.01 *Studii genetico-moleculare și biotehnologice ale florii-soarelui în contextul asigurării managementului durabil al ecosistemelor agricole.*

BIBLIOGRAFIE

- Shindrova P., Ivanov P., Nikolova V. Effect of broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) intensity of attack on some morphological and biochemical indices of sunflower (*Helianthus annuus* L.). In: *Helia*, 1998, vol. 21, nr. 29, p. 55-62.
- Alcántara E., Morales-García M., Díaz-Sánchez J. Effects of Broomrape Parasitism on Sunflower Plants: Growth, Development, and Mineral Nutrition. In: *Journal of Plant Nutrition*, 2006, vol. 29(7), p. 1199-1206.
- Glijin A. *Orobanche cumana* Wallr. impact on sunflower grain yield. În: *Mediul Ambient*, 2014, nr. 1(73), p. 18-21.
- Duca M., Glijin A. The broomrape effect on some physical and mechanical properties of sunflower seed. În: *Analele Științifice ale Universității „Al. I. Cuza” Iași, sect. II a. Biologie vegetală*, 2013, vol. 59(2), p. 75-83.
- Gisca I., Joita-Pacureanu M., Clapco S., Duca M. Influence of broomrape on some productivity indices of sunflower. În: *Lucrări Științifice, seria Agronomie*, 2017, vol. 60(2), p. 97-102.
- Vranceanu A. V., Pirvu N., Stoenescu F. M., Pacureanu M. Some aspects of the interaction *Helianthus annuus* L./*Orobanche cumana*, and its implications in sunflower breedings. In: *Proc. Of a Workshop on Biology and Control of Orobanche*, Landbouwhogeschool, Wageningen, The Netherlands, 1986, p. 181-189.
- Shindrova P. Broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in Bulgaria – distribution and race composition. In: *Helia*, 2006, vol. 29(44), p. 111-120.
- Pacureanu-Joita M., Fernández-Martínez J., Sava E., Raranciuc S. Broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.), the most important parasite in sunflower. În: *Analele INCDA Fundulea*, 2009, vol. 77, p. 49-56.
- Antonova T. S. The history of interconnected evolution of *Orobanche cumana* Wallr. and sunflower in the Russian Federation and Kazakhstan. In: *Helia*, 2014, vol. 37(61), p. 215-225.
- Molinero-Ruiz L., Garcia-Carneros A. B., Collado-Romero M., Raranciuc S., Dominguez J., Melero-Vara M. Pathogenic and molecular diversity in highly virulent populations of the parasitic weed *Orobanche cumana* (sunflower broomrape) from Europe. In: *Weed Res.*, 2014, 54(1), p. 87-96.
- Risnoveanu L., Joita-Pacureanu M., Anton F. G. The virulence of broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in sunflower crop in Braila area, in Romania. In: *Helia*, 2016, vol. 39(65), p. 189-196.
- Duca M., Clapco S., Nedelcov M., Dencicov L. Influence of environmental conditions on the virulence and distribution of *Orobanche cumana* Wallr. in the Republic of Moldova. In: *OCL*, 2019, vol. 26(3), 10 p. <https://doi.org/10.1051/ocl/2018049>.
- Kaya Y. Current situation of sunflower broomrape around the world. In: *Proc. of the 3rd International Symp. on Broomrape (Orobanche spp.) in Sunflower 3-6 June 2014*, Cordoba, Spain. *Int. Sunflower Assoc.*, Paris, France, p. 9-18.
- Khablak S. G., Abdullayeva YA. A., Ryabovol YA. S. Izmenchivost' rasovogo sostava zarazikhi podsolnechnikovo (*Orobanche cumana* Wallr.) i novyye strategii zashchity ot parazitov. In: *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii*. 2018, tom 22, no. 3, p. 379-385.
- Wan S. Q., Jiao Y. P., Kang Y. H., Jiang S. F., Tan J. L., Liu W., Meng J. Growth and yield of oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drip irrigation in very strongly saline soils. In: *Irrig. Sci.*, 2013, vol. 31(5), p. 943-957.
- Food and Agriculture Organization on the United Nations, FAOSTAT, 2019. [on-line] <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (vizitat la 16.01.2021).
- Shi B., Zhao J. Recent progress on sunflower broomrape research in China. In: *OCL*, 2020, vol. 27, nr. 30, p. <https://doi.org/10.1051/ocl/2020023>.
- Bai Q. J., Yun X. P., Gao Z. M., Xu L. M., Li Y. M., Zhang H. L., Du L., Li X. S. The occurrence and control techniques of sunflower broomrapes in Inner Mongolia. In: *Inn. Mong. Agric. Sci. Technol.*, 2013, nr. 1, p. 75-76.
- Li Z. F., Ji S. X., Li Q. X. Preliminary report on the discovery of sunflower broomrape in Heilongjiang Province. In: *Phytopathology*, 1982, nr. 5, p. 28-30.
- Jing W., Chao C., Yazhen L., Na D., Haiyan W. Present situation and prospect of the parasitic weed sunflower broomrape research. In: *Jiangsu Agric. Sci.*, 2015, nr. 43, p. 144-147.
- Shi B. X., Chen G. H., Zhang Z. J., Hao J. J., Jing L., Zhou H. Y., Zhao J. First report of race composition and distribution of sunflower broomrape, *Orobanche cumana*, in China. In: *Plant Dis.*, 2015, vol. 99(2), p. 291.
- Ma D. T., Jan C. C. Distribution and race composition of sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in northern China. In: *Proc. of the 3rd Int. Symp. on Broomrape (Orobanche spp.) in Sunflower, 3-6 June 2014*, Cordoba, Spain. *Int. Sunflower Assoc.*, Paris, France, p. 65-69.
- Li Z. Q., Cao L. X., Bai Q. J. Main diseases of sunflower in Inner Mongolia and their control strategies. In: *Inn. Mong. Agric. Sci. Technol.*, 2004, nr. 12, p. 63-64.

24. Zhang X., Zheng C., Wang M., An Y., Zha S., Jan C.C. Identification of Broomrape (*Orobancha cumana* Wallr.) biotypes in the main sunflower growing areas of China. In: Proc. of the 4th Int. Symp. on Broomrape in Sunflower, Bucharest, Romania, 2-4 July 2018, p. 19-22.
25. World Temperatures – Weather Around The World. [on-line] <https://www.timeanddate.com/weather/> (vizitat la 09.01.2021).
26. Mărușteri M. Ș. Noțiuni fundamentale de biostatistică: note de curs. Târgu-Mureș: University Press, 2006. 218 p.
27. Rotarencu V. Aspecte morfo-fiziologice și genetice de interacțiune gazdă-parazit (*Helianthus annuus* L. – *Orobancha cumana* Wallr. Autoref. tezei de doctor în șt. biol. Chișinău, 2010, 26 p.
28. Vranceanu A. V., Tudor V. A., Stoenescu F. M., Părvu N. Virulence groups of *Orobancha cumana* Wallr., differential hosts and resistance sources and genes in sunflower. In: Proc. of the 9th Int. Sunflower Conf., Torremolinos, Spain, 8-13 June 1980, p. 74-82.
29. Krupp A., Rucker E., Heller A., Spring O. Seed structure characteristics of *Orobancha cumana* populations. In: Helia, 2015, vol. 38(62), p. 1-14.
30. Duca M., Port A., Clapco S., Boicu A. Asocieri corelative dintre marcherii morfologici și moleculari în studii variabilității genetice a lupoaiei din Republica Moldova. În: Buletinul AȘM. Științele vieții, 2020, nr. 1(340), p. 7-23.
31. Shi B. X., Lei Z. H., Xiang L. J. Physiological races identification of sunflower broomrape in 4 provinces of China. In: Chin. J. Oil Crop Sci., 2016, vol. 38(01), p. 116-119.
32. Sun C. Research on integrated control technology of sunflower broomrape in Bayannur City. In: Mod. Agric., 2017, nr. 1, p. 28-29.
33. Yan X. M., Zhang Y. R., Liang A. M. et al. Preliminary report on the occurrence and damage characteristics and control technology of sunflower broomrape. In: Agricultural Development Equipment, 2014, vol. 10, p. 112.
34. Han J. Symptoms and control measures of sunflower broomrape. In: Soil Fertil Plant Prot., 2018, nr. 10, p. 36-37.
35. Plaza L., Fernandez I., Juan, R., Pastor J., Pujadas A. Micromorphological studies on seeds of *Orobancha* species from the Iberian Peninsula and the Balearic Islands, and their systematic significance. In: An. of Botany, 2004, vol. 94, p. 167-178.
36. Domina G., Colombo P. Seed micromorphology and its variation in Sicilian *Orobancha* (*Magnoliopsida*). In: Flora Mediterranea, 2005, vol. 15, p. 99-107.
37. Duca M., Glijin A., Batir L., Acciu A., Gorceag M. Studiul morfologic al semințelor de *Orobancha cumana* Wallr. din diferite zone geografice. În: Buletinul AȘM. Științele vieții, 2014, nr. 3(324), p. 102-109.
38. Duca M., Boicu A. Morphological Diversity of Seeds in *O. cumana* Accessions from Republic of Moldova. In: Helia, 2017, vol. 40(67), p. 1-15.
39. Sukno S., Fernandez J. M., Melero Vara J. M. Temperature effect on the disease reactions of sunflower to the infection by *Orobancha cumana*. In: Plant Disease, 2001, vol. 85, p. 553-556.
40. Duca M., Clapco S., Port A. Analysis of the soil parameters in the context of sunflower infection by *Orobancha cumana* Wallr. In: Sci Pap Agro Ser, 2016, vol. 59(1), p. 49-52.
41. Gibot-Leclerc S., Corbineau F., Sallé G., Côme D. Responsiveness of *Orobancha ramosa* L. seeds to GR24 as related to temperature, oxygen availability and water potential during preconditioning and subsequent germination. In: Plant Growth Regul, 2004, vol. 43, p. 63-71.



Arta cămășii cu altiță – candidat pentru Lista reprezentativă a patrimoniului UNESCO.
Interpreta de folclor Mariana Dumbrăveanu în cămășă cusută de ea.