

CZU: 632.5:633.854.78

INFLUENȚA LUPOAIEI ASUPRA CREȘTERII ȘI DEZVOLTĂRII FLORII-SOARELUI ÎN CONDIȚII CONTROLATE

Maria DUCA*, Steliana CLAPCO*, Ion GÎSCĂ^{*,**}, Rodica MARTEA*, Ana MUTU*

*Universitatea de Stat din Moldova,

**Seedeco Semences SRL, Chișinău

Prezentul studiu a vizat evaluarea efectului holoparazitului lupoaia (*Orobancha cumana* Wallr), cu nivel diferit de agresivitate, asupra parametrilor agromorfologici, acumulării și distribuirii biomasei la planta gazdă *Helianthus annuus* L. în condiții controlate. Rezultatele obținute au pus în evidență impactul neesențial al parazitului asupra înălțimii și lungimii rădăcinii plantei gazdă și un efect considerabil asupra procesului de acumulare a biomasei, fiind remarcată o diminuare cu cca 20,4-57,1% față de martorul neinfestat. Planta parazit a exercitat un impact mai pronunțat asupra părții aeriene, fiind relevate corelații negative puternice ($r = -0,52$) dintre intensitatea atacului și masa tulpinii cu frunze a florii-soarelui. S-a constatat că plantele parazite modifică inclusiv modelul de distribuție a biomasei, rizoparazitul influențând în special lăstarii gazdei, ceea ce se confirmă printr-un raport al masei Lăstari : Rădăcină mai scăzut în comparație cu martorul neinfestat. Totodată, au fost puse în evidență corelații puternice ($r = -0,54$) dintre ponderea biomasei aeriene în biomasa combinată (masa totală a plantei gazdă + masa lăstarilor de lupoaie) și incidența lupoaiei.

Cuvinte-cheie: floarea-soarelui, lupoaie, parametri agromorfologici, biomasă, distribuția biomasei, intensitatea atacului.

THE INFLUENCE OF BROOMRAPE ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF SUNFLOWER IN CONTROLLED CONDITIONS

The present study aimed to evaluate, under controlled conditions, the effect of the holoparasite *Orobancha cumana* (broomrape), with different levels of aggressivity, on the agro-morphological parameters, accumulation and distribution of biomass in the host plant *Helianthus annuus*. The obtained results highlighted the non-essential impact of the parasite on the height and length of the host plant root and a considerable effect on the biomass accumulation process, being noticed a decrease of about 20.4-57.1% compared to the uninfested control. The parasite exerted a more pronounced impact on the aerial part, being revealed strong negative correlations ($r = -0.52$) between the intensity of the attack and the mass of the aerial part of the host plant. It was found that the parasitic plants, also, change the biomass distribution pattern, the root parasite influencing the host shoots more strongly than the roots, which is confirmed by the values of the Shoots : Root ratio, which was lower compared to the uninfested control. At the same time, strong correlations ($r = -0.54$) between the rate of the combined biomass allocated into the aerial part of the host and the incidence of broomrape were highlighted.

Keywords: sunflower, broomrape, agro-morphological parameters, biomass, biomass distribution, attack intensity.

Introducere

Angiospermele holo- și semiparazite, complet sau parțial dependente de gazdă pentru sursele de substanțe nutritive, apă și energie, prezintă factori limitativi importanți pentru productivitatea plantelor de cultură [1]. Cei mai cunoscuți și dăunători paraziți sunt diverse specii de *Orobancha* spp., *Striga* spp. și *Cuscuta* spp. Printre acestea se remarcă, în special, reprezentanții genului *Orobancha*, care include holoparaziți lipsiți de rădăcini funcționale și clorofilă și, respectiv, totalmente dependenți de gazdele lor [2].

În vederea asigurării procesului de invazie, pe parcursul evoluției, paraziții au dezvoltat o structură multicelulară unică numită *haustor*, capabil să formeze conexiuni strânse cu sistemul vascular al gazdei și să sutureze substanțele necesare pentru creștere și dezvoltare din floem [3]. Celulele haustoriale metabolizează nutrienții gazdei într-un mod specific parazitului, modificând potențialul osmotic și favorizând direcționarea fluxului de nutrienți către parazit [4].

Infestarea cauzează reducerea semnificativă a recoltei culturilor, fie prin perturbarea alocării resurselor gazdei și modificarea divizării biomasei între organele plantei de cultură, prioritate acordându-se organelor la nivelul cărora se atașează parazitul (rădăcini sau tulpini, în funcție de tipul patogenului) și, ulterior, redirectionarea resurselor gazdei spre dezvoltarea biomasei parazitare și asigurarea reproducerii, fie prin inducerea unor efecte negative asupra procesului de fotosinteză și absorbție a nutrienților [5-9]. Impactul paraziților asupra creșterii culturii, distribuția biomasei și starea nutrienților diferă în funcție de modul de nutriție, agresivitatea paraziților și particularitățile genotipurilor gazdă [10-12], datele fiind destul de contradictorii, inclusiv în cazul aceleiași specii a parazitului.

O. cumana (lupoaia) este un parazit specific culturii de floarea-soarelui, răspândit în majoritatea țărilor din Europa, Orientul Mijlociu și Asia, cele mai afectate fiind Rusia, Ucraina, Republica Moldova, România, Turcia, Bulgaria, Spania, China. Efectele lupoaiei asupra gazdei sunt directe și indirecte, rezultând în reducerea înălțimii plantelor, diametrului calatidiului, randamentului semințelor per plantă, a conținutului de lipide și proteine în semințe. Amplitudinea pagubelor produse de lupoaie variază în limitele de 5-90%, în funcție de intensitatea atacului și condițiile climaterice [13-17].

Redirecționarea substanțelor nutritive ale gazdei către parazit, de regulă, se exprimă în diminuarea acumulării biomasei organelor gazdei în următoarea ordine descrescândă – calatidiu > tulpină > frunze [18, 19] și, finalmente, în reducerea productivității.

Deși există diverse strategii de control al angiospermelor parazite, din cauza complexității interacțiunilor (fizice, biochimice, fiziologice și genetice) gazdă-parazit, niciuna dintre ele nu este suficient de eficientă și fezabilă din punct de vedere economic, managementul acestora rămânând a fi în continuare o provocare [20]. Dezvoltarea unor metode adecvate de combatere necesită o mai bună înțelegere a interacțiunii gazdă-parazit, la nivel morfologic și fiziologic, și a modificărilor induse de lupoaie în planta gazdă. În acest context, obiectivul principal al prezentului studiu a vizat evaluarea efectului *O. cumana*, cu nivel diferit de agresivitate, asupra parametrilor agromorfologici ai florii-soarelui, acumulării și distribuirii biomasei între organele plantei gazdă, în condiții controlate.

Material și metode

Efectul *O. cumana* asupra unor parametri agromorfologici ai florii-soarelui a fost evaluat în experiențe în seră, montate în lăzi de plastic. În calitate de material biologic au servit 14 populații de lupoaie colectate din diverse regiuni ale Republicii Moldova (mun. Chișinău, Gura Galbenii, Congaz), Serbia (ORSR04; ORSR07; ORSR11; ORSR14; ORSR24; ORSR25; ORSR43) și Turcia (provincia Edirne, districtul Keşan; provincia Adana; provincia Edirne, districtul Merkez și, respectiv, provincia Kirklareli, districtul Lüleburgaz) cu diferit nivel de agresivitate [21]. Hibridul de floarea-soarelui Performer, sensibil la parazit, a fost crescut în absența (martor) și prezența infestării cu holoparazitul *O. cumana*. Câte 10 plante de floarea-soarelui, în două repetiții, au fost plantate în lăzi, care conțineau un amestec de nisip și turbă în raport 1:1, v / v, infectate uniform cu semințe de lupoaie (30 mg semințe la 200 g amestec). Cultivarea s-a realizat timp de 70 de zile la temperaturi de 18/24°C (noapte / zi) cu o fotoperioadă de 14h / 10h.

La finele procesului de cultivare a fost cuantificat numărul de atașamente de lupoaie (tuberculi, lăstari aeriени și subterani) per plantă gazdă, determinându-se intensitatea atacului ($I = a / N$, unde a – numărul total de atașamente, N – numărul de plante infectate) și greutatea lăstarilor de *O. cumana*. Totodată, a fost măsurată înălțimea plantei și lungimea rădăcinii (cm) [22, 23]. Pentru a determina efectul infestării cu *O. cumana* asupra acumulării și divizării biomasei plantei gazdă, între organele acesteia și parazit a fost stabilită masa proaspătă a părții aeriene și subterane (g) și calculată biomasa totală a gazdei (partea aeriană și subterană), biomasa combinată (biomasa totală a gazdei și a parazitului), ponderea (%) cantității biomasei părții aeriene și, respectiv, subterane a plantei gazdă, precum și a biomasei patogenului în biomasa combinată [11].

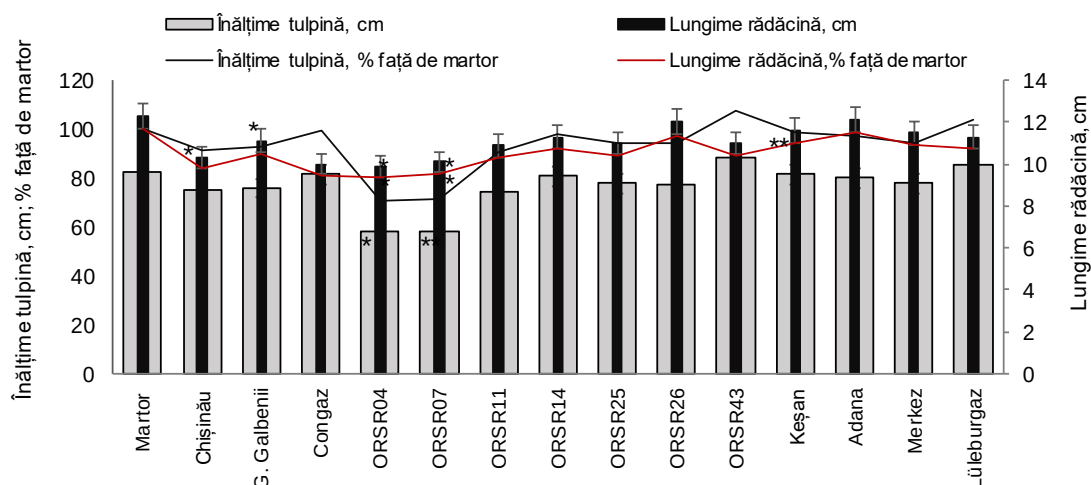
Datele primare au fost supuse analizei statistice descriptive. Semnificația diferențelor valorilor medii a fost analizată prin testul t-Student ($p < 0,05$). Pentru verificarea eventualelor dependențe între parametrii analizați și intensitatea atacului cu lupoaie a fost calculat coeficientul de corelație lineară Pearson, semnificația regresiei fiind evaluată cu utilizarea testului Fisher.

Rezultate și discuții

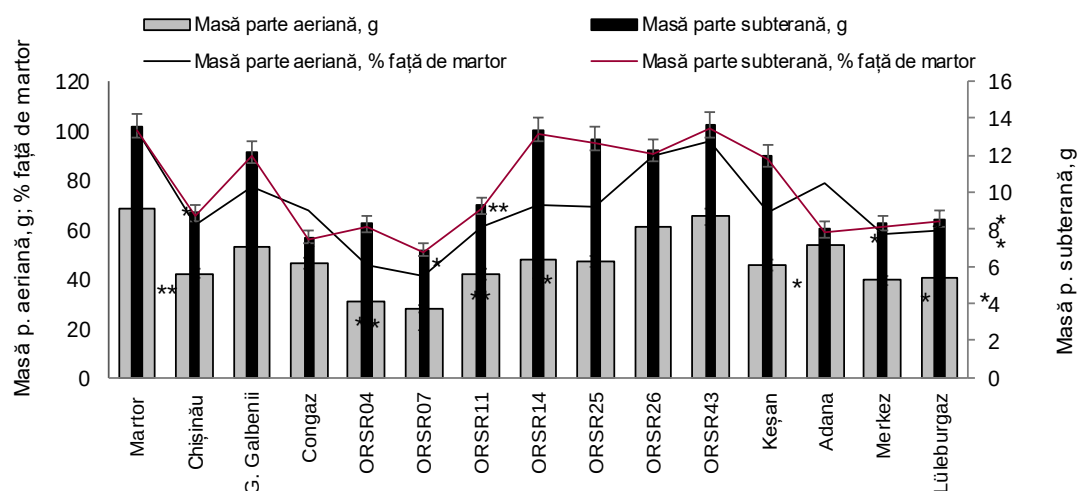
Plantele parazite acționează ca „asimilatori” suplimentari de apă și substanțe nutritive din sistemul vascular al gazdei, afectând procesul de creștere și dezvoltare și diminuând cantitatea de biomasă vegetală. Astfel, Kabiri și coautorii [24] au stabilit un șir de modificări semnificative ale înălțimii, cantității de biomasă, suprafeței frunzelor și numărului de lăstari ai plantelor de orez cultivate în prezența rizoparazitului *Rhaphicarpa fistulosa*. Evaluarea unor parametri morfoanatomici la genotipuri de floarea-soarelui sensibile și rezistente la lupoaie, pe fondal de infestare, a pus în evidență stagnarea esențială a creșterii tulpinii (până la 36,1% față de martor), precum și a sistemului radicular (până la 67,8%) la toate genotipurile de *H. annuus*, inclusiv cele rezistente [19]. *Orobanche aegyptiaca* a cauzat reducerea masei proaspete a tomatelor cu cca 65-70% [25], iar *O. crenata* a exercitat efect negativ asupra masei părții aeriene a plantelor de fasole, impactul fiind asociat cu severitatea atacului [26, 27]. Totodată, corelații semnificative dintre acești indici nu au fost relevate la un șir de alte culturi, precum floarea-soarelui și tutunul afectate de *O. cernua* [6, 28], tomatele parazitare de *Phelipanche ramosa* [12].

În cadrul prezentului studiu înălțimea plantelor infestate a variat între 58,3 cm (ORSR04) și 88,2 cm (ORSR43), reducerea maximală față de matorul neinfestat (82,2 cm) constituind cca 30%. Impactul *O. cumana* asupra parametrului dat a fost neesențială, practic în toate cazurile, cu excepția probelor cultivate în prezența populațiilor de lupoae ORSR04 și ORSR07, diferențele dintre probele infestate și cele neinfestate fiind statistic nesemnificative (Fig.1 A). Cu referire la lungimea rădăcinii, menționăm că aceasta a prezentat valori cuprinse în diapazonul de 9,9-12,1 cm, cu o diminuare maximă de cca 20% (ORSR04) față de mator (12,3 cm). Contrar datelor raportate de Rotarencu [19], conform cărora agentul patogen a indus micșorarea indicilor morfologici studiați asociată cu frecvența atacului, nu au fost stabilite corelații semnificative dintre acești indicatori și intensitatea atacului cu lupoae.

Masa proaspătă a părții aeriene a plantelor de floarea-soarelui crescute pe fondal de infestare cu *O. cumana* a variat în limitele de 28,2 (ORSR07) și 65,3 g (ORSR43), față de valoarea de 68,2 g marcată la mator, în timp ce greutatea părții subterane a fost cuprinsă între 6,9 (ORSR07) și 12,9 g (ORSR25), comparativ cu proba de referință (13,6 g). În cazul probelor infestate cu semințe de lupoae din populațiile ORSR14 și ORSR43, valorile date constituie 13,4 și, respectiv, 13,7 g, fiind practic la nivelul matorului neinfestat. La variantele cultivate în prezența lupoaei provenite din Gura Galbenii, ORSR25, ORSR26 și ORSR43 diferențele dintre lotul experimental și mator au fost nesemnificative (Fig.1 B).



A.



B.

Fig.1. Parametrii agromorfologici ai florii-soarelui cultivate pe fondal de infestare cu diferite populații de lupoae și în absența infestării.

A – înălțimea părții aeriene și lungimea părții subterane a plantei gazdă;

B – masa părții aeriene și subterane a plantei gazdă.

*, ** indică diferențele statistice semnificative la nivelul $p < 0,01$, respectiv, $p < 0,05$, dintre înălțimea plantelor și lungimea rădăcinii gazdei infestate și mator

Reducerea maximă a masei părții aeriene (cu 32,0-58,7% față de martor) și rădăcinii (cu 31,6-49,3%) a fost condiționată de lupoia provenită din populațiile Chișinău, Congaz, ORSR04, ORSR07, ORSR11, Merkez și Lüleburgaz, majoritatea distinsse printr-un nivel înalt de agresivitate (7,0-14,0 atașamente per plantă gazdă) (Fig.2). Au fost puse în evidență corelații negative puternice ($r = -0,52$) dintre intensitatea atacului și masa părții aeriene a plantei gazdă.

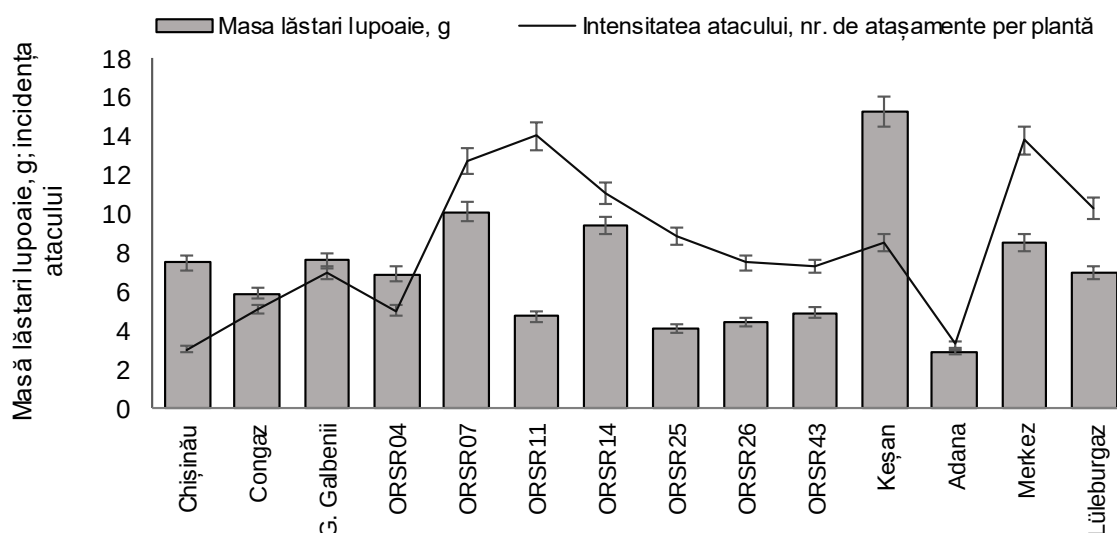


Fig.2. Nivelul de infestare cu *O. cumana* a hibridului de floarea-soarelui Performer, sensibil la parazit.

În toate cazurile, cantitatea biomasei proaspete totale (partea aeriană + subterană) a plantelor gazdă cultivate în absența infecției a fost mai mare comparativ cu cea a plantelor infestate (35,1-79,0 g, față de 81,8 g la martor), indicând o competiție remarcabilă între acești doi „asimilatori” de apă și substanțe nutritive – floarea-soarelui și *O. cumana*. La probele cultivate pe fondal de infestare cu lupoie biomasa hibridului de floarea-soarelui sensibil a prezentat valori cu cca 20,4-57,1% mai reduse, datele fiind în acord cu rezultatele raportate de Labrousse și colaboratorii [18], care au constatat diminuarea practic în jumătate a cantității de biomasă totală a unei linii de floarea-soarelui infestată cu lupoie (Fig.2). Excepție au constituit doar probele cultivate în prezența populațiilor de lupoie ORSR26 și ORSR43 din Serbia, unde pierderea masei plantelor infestate a fost nesemnificativă. Nu au fost relevate corelații semnificative dintre parametrul dat și intensitatea atacului, acesta corelând puternic cu masa atașamentelor de lupoie ($r = -0,53$), fapt ce indică creșterea biomasei patogenului din contul substanțelor nutritive sustrate de la planta gazdă. Respectiv, se constată că impactul parazitului poate fi considerabil inclusiv în cazul unei agresivități moderate a parazitului, iar un număr mai mic de atașamente per plantă, ce cresc rapid atingând dimensiuni mari, afectează esențial gazda. A fost stabilită lipsa unor corelații statistic semnificative dintre masa atașamentelor de lupoie și intensitatea atacului.

Suplimentar, au fost observate diferențe între masa plantelor neinfestate și masa combinată a patosistemului (masa totală a plantei gazdă + masa lăstarilor de lupoie) (Fig.3), rata de reducere indusă de *O. cumana* variind între 11,0 și 44,8%, un efect mai pronunțat fiind relevat în cazul populațiilor din Serbia ORSR04, ORSR07 și ORSR11. Rezultate similare au fost puse în evidență de Ennami et al. [10] în experiențe de evaluare a efectului produs de parazitul *O. crenata* asupra plantelor de fasole. Conform autorilor, impactul a fost mai evident la fazele inițiale de dezvoltare a plantei gazdă și s-a atenuat la următoarele etape; la maturitate, masa combinată a biomasei plantelor infestate și parazitului prezentând valori egale cu cea a plantelor crescute în absența infecției.

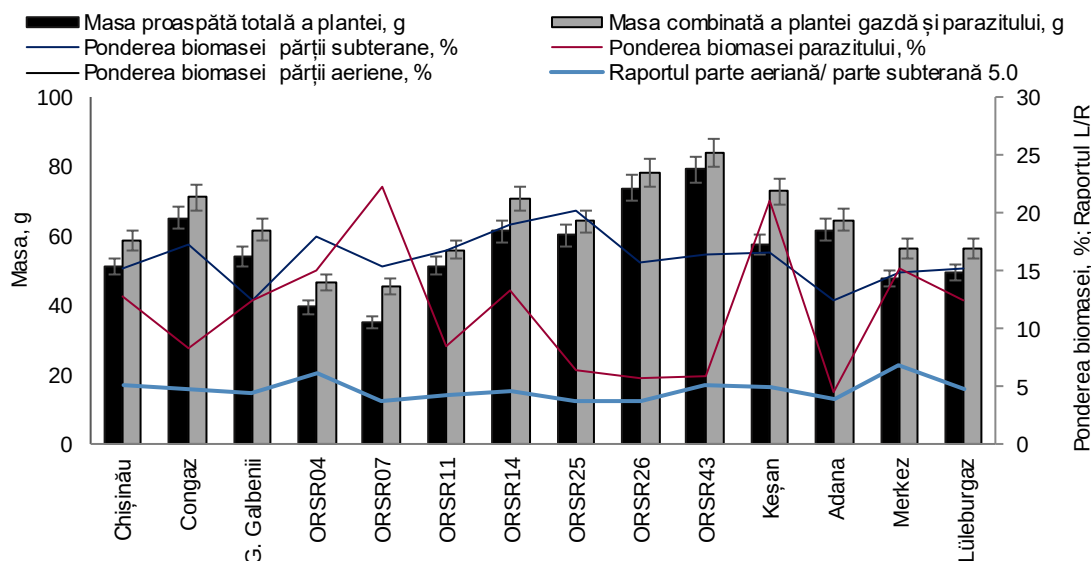


Fig.3. Biomasa totală de floarea-soarelui și divizarea biomasei între organele plantei.

Suprimarea biomasei gazdei indusă de *O. cumana* a condus la acumularea de către parazit a 8,3-22,3% din biomasa totală (gazdă și parazit), pierderile de biomasă fiind doar parțial compensate de biomasa de lupoaie. Respectiv, pierderea biomasei gazdei nu poate fi pe deplin explicată printr-un câștig în biomasă a parazitului, iar relația între gazdă și parazit este una multicomponentă. Astfel, se cunoaște că procesul patologic implică inclusiv perturbarea echilibrului hidric și a nutrienților [29], dezechilibrul reglatorilor de creștere a plantei gazdă, exprimat în creșterea nivelului acidului abscisic și reducerea nivelurilor de citochinine și acid giberelic și, prin consecință, la afectarea proceselor de fotosinteză și creștere [4, 29-31], precum și realocarea spre apărare a unei părți din resursele direcționate inițial spre creștere [32]. În acest context, Pincovici și co-autorii [20] au demonstrat recent că structura frunzelor plantelor de floarea-soarelui infectate cu lupoaie suferă schimbări analoge celor produse în condiții de iluminare redusă sau disponibilitate scăzută de carbohidrați, sugerând că aceste modificări s-ar putea datora epuizării carbonului în gazdă cauzate de absorbția carbohidraților de către parazit. De asemenea, s-a stabilit că, drept răspuns la infecția cu *O. cumana*, crește conductanța apei din rădăcină, datorată, probabil, aceluiași mecanism de adaptare la conținutul redus de carbohidrați. În mod similar cu Fernandez-Aparicio și colab. [11], analiza rezultatelor prezentului studiu nu a pus în evidență corelații semnificative dintre ponderea biomasei parazitului din biomasa totală combinată și severitatea atacului.

Anterior s-a demonstrat că unele plante parazite, precum *Orobancha crenata*, *Striga hermonthica*, *Cuscuta campestris*, influențează distribuția biomasei în diferitele părți ale plantelor gazdă. Efectul determinat de paraziți este însă contradictoriu, în unele cazuri, după infectare observându-se alocarea resurselor preponderent spre părțile aeriene ale plantei [33], iar în altele – sporirea ponderii sistemului radicular [34]. Astfel, conform datelor prezentate de Labrousse et al. [18], lupoaia florii-soarelui aparent crește în detrimentul organelor vegetative și reproductive ale plantei gazdă, mai ales al rădăcinilor și florii, în patosistemul *O. cernua* – *Nicotiana tabacum* biomasa părții subterane este afectată mai puternic decât cea aeriană [6], în timp ce în cazul tomatelor infestate cu *O. aegyptica* relația este inversă [35].

O tendință similară a fost constatată și în cadrul prezentului studiu. La plantele neinfestate, biomasa alocată rădăcinilor a constituit 16,6% din greutatea totală a plantei (Fig.3). Cu excepția probelor cultivate în prezența unor populații de lupoaie colectate din Republica Moldova (Congaz), Serbia (ORSR26, ORSR07) și majoritatea populațiilor din Turcia (Adana, Merkez și Lüleburgaz), unde a fost constatată o scădere relativă a ponderii biomasei subterane a gazdei pe fondal de infestare, aceasta variind între 12,3 și 15,7%, ponderea părții subterane a plantei a fost de 16,3-20,1%.

Biomasa alocată părților aeriene ale florii-soarelui a fost preponderent sub nivelul martorului neinfestat (83,4%), fiind cuprinsă în limitele de 62,4-78,6%, cu excepția probelor cultivate în prezența populației din Adana, distinsă printr-un nivel moderat de intensitate a atacului și valoare minimă a masei parazitului dezvoltat pe hibridul sensibil de floarea-soarelui, ce a indicat valori practic la nivelul martorului. Spre deosebire de distribuția biomasei către rădăcina plantei gazdă, care nu a corelat cu nivelul de infestare cu lupoaie, în cazul biomasei aeriene au fost relevate corelații puternice ($r = -0,54$).

Rezultatele obținute relevă faptul că plantele gazdă infectate cu *O. cumana* au distribuit mai multă biomasă rădăcinilor în detrimentul părții aeriene, fapt confirmat inclusiv printr-un raport al masei Lăstari : Rădăcină mai scăzut în comparație cu cel determinat la plantele neinfestate (3,6-4,8 față de 5,0 la martor). Excepție au constituit probele cultivate în prezența lupoaiei din populația ORSR26, în cazul căreia raportul a fost similar martorului, precum și Congaz (6,1), Adana (6,7) cu valori ce depășesc proba de referință. Aparent, prin influența sa, pentru a obține acces la nutrienți și a supraviețui, *O. cumana* fortifică sistemul radicular al gazdei, care este punctul său unic de atașare. De asemenea, pentru a maximiza absorbția fotosintetizanților, holoparazitul tinde să mențină părțile aeriene ale gazdei și să redirecționeze o parte din resursele acesteia în propriul avantaj, concluzii similare fiind enunțate și în cazul unui alt rizoparazit obligatoriu – *O. crenata* [10].

Concluzii

Analiza efectului diferitor populații de *O. cumana* caracterizate printr-un nivel distinct de agresivitate asupra parametrilor agromorfologici, acumulării și distribuirii biomasei la un genotip sensibil de floarea-soarelui a pus în evidență impactul neesențial asupra înălțimii plantei și lungimii rădăcinii (cu mici excepții) și impactul semnificativ asupra procesului de acumulare a biomasei. Astfel, s-a constatat că chiar și nivelurile relativ scăzute de infestare a florii-soarelui cu *O. cumana* (3,0-5,1 atașamente per plantă) reduc considerabil biomasa plantei gazdă (cu 24,7-52,0%). Un impact mai pronunțat parazitul a exercitat asupra părții aeriene (până la 58,7% față de martor), fiind relevante corelații negative puternice ($r = -0,52$) dintre intensitatea atacului și masa părții aeriene a plantei gazdă.

S-a stabilit că plantele parazite modifică modelul de creștere și distribuire a biomasei la gazdă, rizoparazitul influențând mai puternic lăstarii gazdei decât rădăcinile, ceea ce se confirmă printr-un raport al masei Lăstari : Rădăcină mai scăzut în comparație cu martorul neinfestat. Totodată, au fost puse în evidență corelații puternice ($r = -0,54$) dintre ponderea biomasei aeriene în biomasa combinată (masa totală a plantei gazdă + masa lăstarilor de lupoaie) și incidența lupoaiei.

Referințe:

1. BROMHAM, L., COWMAN, P.F., LANFEAR, R. Parasitic plants have increased rates of molecular evolution across all three genomes. In: *BMC Evolutionary Biology*, 2013, no.13, p.126. ISSN: 1471-2148
2. PARKER C. Parasitic weeds: a world challenge. In: *Weed Science*, 2012, no.60, p. 269–276. ISSN: 0043-1745
3. WESTWOOD, J.H., YODER, J.I., TIMKO, M.P., De PAMPHILIS, C.W. The evolution of parasitism in plants. In: *Trends in Plant Science*, 2010, no.15, p.227–235. ISSN: 1878- 4372
4. DELAVAUULT, Ph. Knowing the parasite: biology and genetics of *Orobancha*. In: *Helia*, 2015, vol.38, no.62, p.15–29. ISSN: 2197-0483
5. FERNÁNDEZ-APARICIO, M., DELAVAUULT, Ph., TIMKO, M.P. Management of infection by parasitic weeds: A Review. In: *Plants*, 2020, no.9, e1184. ISSN: 2223-7747
6. HIBBERD, J.M., QUICK, W.P., PRESS, M.C., SCHOLLES, J.D. Can source-sink relations explain responses of tobacco to infection by the root parasitic angiosperm *Orobancha cernua*? In: *Plant, Cell and Environment*, 1998, no.21, p.333-340. ISSN: 1365-3040
7. HIBBERD, J.M., QUICK, W.P., PRESS, M.C., SCHOLLES, J.D. The influence of the parasitic angiosperm *Striga gesnerioides* on the growth and photosynthesis of its host, *Vigna unguiculata*. In: *Journal of Experimental Botany*, 1996, no.47, p.507–512. ISSN: 1460-2431
8. HIBBERD, J.M., QUICK, W.P., PRESS, M.C., SCHOLLES, J.D., JESCHKE, W.D. Solute fluxes from tobacco to the parasitic angiosperm *Orobancha cernua* and the influence of infection on host carbon and nitrogen relations. In: *Plant, Cell and Environment*, 1999, no.22, p.937–947. ISSN: 1365-3040
9. JESCHKE, W.D., HILPERT, A. Sink-stimulated photosynthesis and sink dependent increase in nitrate uptake: Nitrogen and carbon relations of the parasitic association *Cuscuta reflexa*–*Ricinus communis*. In: *Plant, Cell and Environment*, 1997, no.20, p.47–56. ISSN: 1365-3040
10. ENNAMI, M., MBASANI-MANSI, J., BRIACHE, F.Z., OUSSIBLE, N., GABOUN, F., GHABOUTI, L., BELQADI, L., GHANEM, M.E., ABERKANI, K., WESTWOOD, J., MENTAG, R. Growth-defense tradeoffs and source-sink relationship during both faba bean and lentil interactions with *Orobancha crenata* Forsk. In: *Crop Protection*, 2020, vol.127, e104924. ISSN: 0261-2194
11. FERNÁNDEZ-APARICIO, M., FLORES, F., RUBIALES D. The effect of *Orobancha crenata* infection severity in faba bean, field pea, and grass pea productivity. In: *Frontiers in Plant Science*, 2016, vol.7, e1409. ISSN: 1664-462X

12. MAUROMICALE, G., MONACO, A.L., & LONGO, A.M.G. Effect of branched broomrape (*Orobanche ramosa*) infection on the growth and photosynthesis of tomato. In: *Weed Science*, 2008, vol.56, no.4, p.574–581. ISSN: 0043-1745
13. 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, no.29, p.1199–1206. ISSN: 0190-4167
14. DUCA, M., GLIJIN, A. The broomrape effect on some physical and mechanical properties of sunflower seeds. In: *Analele Științifice ale Universității „Al.I. Cuza” Iași, Sec. II A: Biologie vegetală*, 2013, vol.59, nr.2, p.75–83. ISSN: 1232-6578
15. DUCA, M., PACUREANU-JOITA, M., GLIJIN, A. Effect of *O. cumana* Wallr. on fat content in different sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes. In: *Proc. 2nd Int. Symp. Conservol Plant Diversity*. Chisinau, 2012, p.96–102.
16. GISCA, I., JOITA-PACUREANU, M., CLAPCO, S., DUCA, M. Influence of broomrape on some productivity indices of sunflower. In: *Revista Lucrări științifice. Seria Agronomie*, 2017, vol.2, nr.60, p.97–102. ISSN: 1454-7414
17. KAYA, Y., DEMERCI, M., EVCI, G. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) breeding in Turkey for broomrape (*Orobancha cernua* Loeffl.) and herbicide resistance. In: *Helia*, 2004, vol.27, no.40, p.199–210. ISSN: 2197-0483
18. LABROUSSE, P.M., ARNAUD, C., SERIEYS, H., BERVILLEÂ, A., THALOUARN, P. Several mechanisms are involved in resistance of *Helianthus* to *Orobancha cumana* Wallr. In: *Annals of Botany*, 2001, vol.88, p.859–868. ISSN: 0305-7364
19. ROTARENCO, V. *Aspecte morfo-fiziologice și genetice de interacțiune gazdă-parazit (Helianthus annuus L. – Orobancha cumana Wallr.)*: Autoreferatul tezei de doctor în șt. biol. Chișinău, 2010. 26 p.
20. PINCOVICI, S., COCHAVI, A., KARNIELI, A., EPHRATH, J., RACHMILEVITCH, S. Source-sink relations of sunflower plants as affected by a parasite modifies carbon allocations and leaf traits. In: *Plant Science*, 2018, no.271, p.100–107. ISSN: 0168-9452
21. CLAPCO, S. Virulence and aggressiveness of some sunflower broomrape populations belonging to different countries. In: *Scientific papers. Series A. Agronomy*, 2021, vol.LXIV, no.1, p.266–273. ISSN: 2285–5807
22. CUBERO, J., PIETERSE, A., KHALIL, S., SAUERBORN, J. Screening techniques and sources of resistance to parasitic angiosperms. In: *Euphytica*, 1993, no.73, p.51–58. ISSN: 0014-2336
23. RUBIALES, D., MORENO, M., SILLERO, J. Search for resistance to crenate broomrape (*Orobancha crenata* Forsk.) in pea germplasm. In: *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2005, no.52, p.853–861. ISSN: 0925-9864
24. KABIRI, S., RODENBURG, J., VAN AST, A., & BASTIAANS, L. Slavery in plants: How the facultative hemiparasitic plant *Rhizophora fistulosa* can completely dominate its host. In: *Annals of Applied Biology*, 2017, vol.171, no.3, p.353–363. ISSN: 1744-7348
25. AHMAD, T., AHMAD B., TARIQ R. M. S., ZIA-UL-HASSAN S. M., AHMAD Z. Assessment of the yield loss imparted by *Orobancha aegyptiaca* in tomato in Pakistan. In: *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 2018, vol.90, no.4, p.3559–3563. ISSN: 0001-3765
26. MANSCHADI, A.M., KROSCHER, J., SAUERBORN, J. Dry matter production and partitioning in the host-parasite association *Vicia faba* - *Orobancha crenata*. In: *Angewandte Botanik*, 1996, no.70, p.224–229. ISSN: 0066-1759
27. MESA-GARCIA, J., GARCIA-TORRES, L. A competition index for *Orobancha crenata* Forsk effects on broad bean (*Vicia faba* L.). In: *Weed Research*, 1984, no.24, p.379–382. ISSN: 1365-3180
28. GARCIA-TORRES, L., CASTEJON-MUÑOZ, M., JURADO-EXPÓSITO, M., LÓPEZ-GRANADOS, F. Modelling the economics of controlling nodding broomrape (*Orobancha cernua*) in sunflower (*Helianthus annuus*). In: *Weed Science*, 1996, no.44, p.591–595. ISSN: 0043-1745
29. WATLING, J.R., PRESS, M.C. Impacts of infection by parasitic angiosperms on host photosynthesis. In: *Plant Biology*, 2001, no.3, p.244–250. ISSN: 1438-8677
30. GURNEY, A.L., RANSOM, J.K., PRESS, M.C. The parasitic angiosperm *Striga hermonthica* can reduce photosynthesis of its sorghum and maize hosts in the field. In: *Journal of Experimental Botany*, 1995, no.46, p.1817–1823. ISSN: 1460-2431
31. TAYLOR, A., MARTIN, J., SEEL, W.E. Physiology of the parasitic association between maize and witchweed (*Striga hermonthica*): is ABA involved? In: *Journal of Experimental Botany*, 1996, no.47, p.1057–1065. ISSN: 1460-2431
32. HUOT, B., YAO, J., MONTGOMERY, B.L., HE, S.Y. Growth–defense tradeoffs in plants: a balancing act to optimize fitness. In: *Molecular Plant*, 2014, no.7, p.1267–1287. ISSN: 1674-2052
33. SHEN, H., YE, W., HONG, L., CAO, H., WANG, Z. Influence of the obligate parasite *Cuscuta campestris* on growth and biomass allocation of its host *Mikania micrantha*. In: *Journal of Experimental Botany*, 2005, no.56, p.1277–1284. ISSN: 1460-2431
34. VAN AST, A., BASTIAANS, L., KROPFF, M. A comparative study on *Striga hermonthica* interaction with a sensitive and a tolerant sorghum cultivar. In: *Weed Science*, 2000, no.40, p.479–493. ISSN: 0043-1745

35. BARKER, E.R., PRESS, M.C., SCHOLLES, J.D., QUICK, W.P. Interaction between the parasitic angiosperm *Orobancha argyptica* and its tomato host: growth and biomass allocation. In: *New Phytologist*, 1996, vol.133, p.637-642. ISSN: 1469-8137

Notă: Lucrarea a fost efectuată în cadrul Proiectului 20.80009.5107.01 „Studii genetico-moleculare și biotehnologice ale florii-soarelui în contextul asigurării managementului durabil al ecosistemelor agricole” (Program de Stat 2020-2023).

Date despre autori:

Maria DUCA, academician, doctor habilitat în științe biologice, profesor universitar; cercetător științific principal, Centrul de Cercetări Științifice Genetică Funcțională, CCȘ „Biologie și Pedologie”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: mduca2000@yahoo.com

ORCID: 0000-0002-5855-5194

Steliana CLAPCO, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător; cercetător științific coordonator, Centrul de Cercetări Științifice Genetică Funcțională, CCȘ „Biologie și Pedologie”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: clapcostela@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7147-2740

Ion GÎSCĂ, doctor în științe agricole; cercetător științific, Centrul de Cercetări Științifice Genetică Funcțională, CCȘ „Biologie și Pedologie”, Universitatea de Stat din Moldova; Seedeco Semences SRL, Chișinău.

E-mail:

ORCID:

Rodica MARTEA, doctor în științe biologice, conferențiar universitar; cercetător științific superior, Centrul de Cercetări Științifice Genetică Funcțională, CCȘ „Biologie și Pedologie”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: rodica.martea@gmail.com

ORCID: 0000-0002-1244-7147

Ana MUTU, doctor în științe biologice, conferențiar universitar; cercetător științific superior, Centrul de Cercetări Științifice Genetică Funcțională, CCȘ „Biologie și Pedologie”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: ana.mutu@usm.md

ORCID: 0000-0001-8603-142X

Prezentat la 27.05.2022