

CZU: 632.5:633.854.78

[http://doi.org/10.59295/sum6\(166\)2023_10](http://doi.org/10.59295/sum6(166)2023_10)

INFLUENȚA HOLOPARAZITULUI *OROBANCHE CUMANA* WALLR. ASUPRA UNOR TRASĂTURI MORFO-ANATOMICE ȘI FIZIOLOGO- BIOCHIMICE LA CULTURA *HELIANTHUS ANNUUS* L.

*Maria DUCA, Steliana CLAPCO, Ion BURCOVSCHI,
Rodion DOMENCO, Rodica MARTEA,*

Universitatea de Stat din Moldova

Mihail MACHEDON,

Comisia de Stat pentru Testarea Soiurilor de Plante

Lucrarea prezintă rezultate cu referire la influența angiospermei *Orobanche cumana* Wallr. (lupoia) asupra recoltei de floarea-soarelui și a unor indici morfo-anatomici și fiziologo-biochimici la un șir de hibrizi de floarea-soarelui sensibili la acțiunea parazitului, în diferite condiții de mediu. Deși gradul de infestare a fost mult mai înalt în condiții favorabile de dezvoltare a culturii, impactul parazitului a fost mai pronunțat pe fundal de secetă. Conform analizei regresionale variația indicilor recolta de floarea-soarelui, talia plantei, suprafața foliară, indicele suprafeței foliare și cantitatea de clorofilă *a* poate fi atribuită intensității atacului cu lupoia în proporție de 71%, 43%, 38%, 42% și 30%, respectiv. Au fost constatate corelații negative puternice a parametrilor menționați cu intensitatea atacului, după cum urmează $r=-0,68$; $-0,65$; $-0,66$ și $-0,59$.

Cuvinte-cheie: floarea-soarelui, lupoie, parametri agro-morfologici, secetă, intensitatea atacului.

THE INFLUENCE OF THE HOLOPARASITE *OROBANCHE CUMANA* WALLR. ON SOME MORPHO-ANATOMICAL AND PHYSIOLOGICAL-BIOCHEMICAL TRAITS IN CULTURE *HELIANTHUS ANNUUS* L.

The paper presents results regarding the influence of the angiosperm *Orobanche cumana* Wallr. on the sunflower harvest and some morpho-anatomical and physiological-biochemical parameters in sunflower hybrids susceptible to broomrape, under different environmental conditions. A negative influence of the parasite was revealed, especially on the background of drought, although under the hydric stress the degree of infestation was significantly lower than in the conditions favorable for crop development. According to the regression analysis, the 71%, 43%, 38%, 42% and, respectively, 30% of variation in sunflower harvest, plant height, leaf area, leaf area index and the amount of chlorophyll *a* can be explained by the intensity of the attack of broomrape. Strong negative correlations of the mentioned parameters with the incidence of broomrape were found, as follows: $r=-0.68$; -0.65 ; -0.66 and -0.59 .

Keywords: sunflower, wolfberry, agro-morphological parameters, drought, attack intensity.

Introducere

Angiospermele parazite cuprind un grup divers de plante cu flori, dependente total (holoparazite) sau parțial (hemiparazite) de gazdele lor pentru apă, nutrienți minerali și compuși organici. Efectul paraziților asupra plantelor de cultură variază semnificativ în funcție de particularitățile și tipul de nutriție al acestora, nivelul de rezistență al plantei gazdă, precum și factorii de mediu complimentari. Aceștia sunt capabili să modifice metabolismul gazdei, restructurându-l astfel încât să asigure suplinirea propriilor necesități.

Factorii de stres abiotic, precum stresul hidric, fluctuațiile sau extremele de temperatură, salinitatea, poluanții atmosferici sau pesticidele etc. afectează, în general, viața plantelor, modelează ecosistemele și reduc producția agricolă la nivel global. Aceștia limitează sau modifică creșterea și dezvoltarea plantelor, inclusiv a celor parazite. Astfel, angiospermele holoparazite sunt afectate de secetă atât direct (ca ex. reducerea ratei de germinare sau a creșterii lăstarilor de lupoie determinate de insuficiența/surplusul de umiditate sau temperaturile joase) [1,2], cât și indirect, prin intermediul plantei gazdă care, fiind subdezvoltată, dispune

de o cantitate redusă de resurse ce ar putea fi preluate de parazit. Factorii de stres abiotic influențează preferințele gazdei și paraziților, mecanismele de apărare și agresivitatea patogenilor, iar interferarea stresului abiotic și celui biotic exercită o presiune suplimentară asupra agriculturii contemporane, mai pronunțată în contextul actualelor schimbări climatice [3,4].

Se consideră că speciile de *Orobanch*, care nu dispun de clorofilă, pot să inducă o intensificare a procesului de fotosinteză a gazdei pentru a compensa cantitatea de compuși organici, sursele de carbon fiind derivate integral din floemul gazdei [5,6]. Însă rezultatele privind influența lupoaiei asupra parametrilor fiziologici și de creștere a plantelor gazde sunt destul de contradictorii. Astfel, datele obținute de Mauromicale și colaboratorii [7] au demonstrat că parazitul *Orobanch ramosa* induce modificări ale procesului de fotosinteză la tomate, determinând scăderea semnificativă (cu cca 40%-67%) a conținutului de clorofilă în frunze și a ratei fotosintetice. Similar a fost detectată o reducere a conținutului de clorofilă în frunzele de *Trifolium repens* la infecția cu *O. minor* [8], activitatea fotosintetică a gazdei nefiind însă afectată. În contrast, Watling și Press [9] au sugerat că competitivitatea ridicată a holoparaziților determină creșterea fotosintezei gazdei, iar Hibberd et al. [10] au stabilit că *O. cernua* Loeffl. nu a influențat rata de fotosinteză la plantele de tutun infectate.

Genotipurile capabile să mențină rate ridicate ale conținutului de clorofilă și a fotosintezei și, respectiv, mai puțin sensibile la fotoinhibarea în timpul infecției, prezintă indici de productivitate mai stabili.

Ținând cont de cele enunțate, dar și de necesitatea cercetărilor ce ar elucida efectele factorilor de stres biotic în interferență cu cei abiotici, ce pot exacerba impactul, asupra interacțiunilor dintre plantele gazdă și paraziți, în special în perspectiva schimbărilor climatice, prezentul studiu s-a focusat pe stabilirea influenței parazitului *O. cumana* asupra unor particularități morfo-anatomice și fiziologice ale florii-soarelui în diferite condiții de mediu (secetă ușoară, respectiv, puternică).

Materiale și metode

Datele au fost colectate în anul 2020 și 2021 de pe loturile experimentale ale Comisiei de Stat pentru Testarea Soiurilor de Plante (CSTSP) din Visoca, Pelinia (câmpuri neinfestate cu lupoaie), Grigorievca și Svetlii (câmpuri infestate). În studiu au fost incluși patru hibrizi susceptibili la atacul cu lupoaie, notați convențional HT1, HM6, HT3, HZ11, produși de diferite companii specializate în ameliorarea și producerea semințelor F_1 de floarea-soarelui.

Experiențele de câmp au fost montate în cinci repetiții, în sistem de blocuri randomizate, fără irigare și aplicare de erbicide, fungicide și insecticide. În toate cazurile ca predecesori au servit cerealele păioase.

Măsurările în câmp (tală plantei, numărul de frunze, suprafața foliară) au fost efectuate la faza de înflorire a culturii. La aceiași fază au fost prelevate probe de frunze pentru investigațiile biochimice.

Înălțimea plantelor de floarea-soarelui s-a determinat prin măsurarea tulpinii de la nivelul solului până sub calatidiu. Suprafața frunzelor (S) a fost estimată pe baza lungimii (L) și a lățimii maxime (W) a fiecărei frunze, conform formulei [11]:

$$S \begin{cases} aLW & \text{dacă } LW < c/a - b \\ bLW + c & \text{altfel} \end{cases}$$

unde: $a = 0.684$, $b = 0.736$, $c = -8.86$

Indicele suprafeței foliare a fost calculat după formula [11]:

$$ISF = A_f / A_p$$

unde *ISF*: Indicele Suprafeței Foliare; A_f - suma totală a suprafeței foliare per plantă (în m^2), iar A_p - este suprafața solului care este atribuită plantelor desemnate (m^2).

Toate măsurările s-au făcut pentru 10 plante din fiecare repetiție și lot studiat.

Pentru analiza conținutului de pigmenți s-a prelevat o probă medie de frunze ale unui hibrid din fiecare parcelă. Proba medie a constat din rondele de frunze, cu suprafața de 1cm^2 , din etajul de mijloc a 5-6 plante aliatorii. Probele proaspete au fost cântărite, ulterior, fiind conservate în eter dietilic.

Conținutul pigmentilor fotosintetici a fost determinat prin analiza spectrofotometrică (spectrofotometrul BK-UV1900, Biobase) a extractelor de frunze, la lungimile de undă de 470,0; 644,8 și 661,6 nm. Izolarea pigmentilor și calculul conținutului acestora s-au efectuat după metoda propusă de Lichtenthaler și Bushmann [12].

Datele meteorologice au fost prelevate din baza de date a Serviciului Hidrometeorologic de Stat din Republica Moldova și completate cu datele înregistrate nemijlocit la sectoarele de testare ale CSTSP.

Analiza regresională, calculele și verificarea semnificației statistice ($p \leq 0,01-0,05$) a rezultatelor obținute au fost realizate utilizând instrumentele XLSTAT disponibile în Microsoft Excel.

Rezultate și discuții

Conform datelor climatice (Tabelul 1), temperatura aerului în perioada de vegetație a florii-soarelui a variat între 17,2 și 19,7°C, cu valori minime în localitatea Visoca și maxime în Svetlîi. În anul 2021 valorile termice au fost cuprinse între 15,8 și 17,4°C.

Tabelul 1. Datele climatice (temperatura medie din perioada de vegetație și cantitatea de precipitații din perioada rece – Pr, de vegetație – Pv și anuale – Pa) de la stațiile monitorizate din cadrul CSTSP pentru anul 2020 și 2021.

Anul	Indicator	Visoca		Pelinia		Grigorievca		Svetlîi	
		mm/ °C	% din necesar	mm/ °C	% din necesar	mm/ °C	% din necesar	mm/ °C	% din necesar
2020	t°C	17,2	-	17,5	-	19,1	-	19,7	-
	Pr, mm	123	27,3	80	17,8	72	16,0	50	11,1
	Pv, mm	262	74,9	154	44,0	186	53,1	162	46,3
	Pa, mm	385	85,6	234	52,0	258	57,3	212	47,1
2021	t°C	15,8	-	16,0	-	17,2	-	17,4	
	Pr, mm	207	46,0	211	46,9	125	27,8	106	23,6
	Pv, mm	387	110,6	409	116,9	351	100,3	244	69,7
	Pa, mm	594	132,0	620	137,8	476	105,8	350	77,8

Notă: Ponderea cantității de precipitații a fost calculată în baza raportului la necesarul optim (limita inferioară)* de precipitații, după cum urmează, necesarul optim de precipitații: anuale – 450-600 mm; din perioada rece – 450-600 mm; din perioada de vegetație – 350-450 mm [13].

Totodată, anul 2020 caracterizat prin secetă catastrofală la nivelul teritoriului întregii țări, s-a remarcat printr-o cantitate redusă de precipitații. Astfel, dacă suma precipitațiilor anuale din 2021 în localitățile incluse în studiu a variat între 350 mm (Svetlîi) și 620 mm (Pelinia), în anul 2020 acestea au fost cuprinse în limitele de 212 mm (Svetlîi) și 385 mm (Visoca), cantitatea dată fiind cu cca 35-62% mai joasă față de anul 2021.

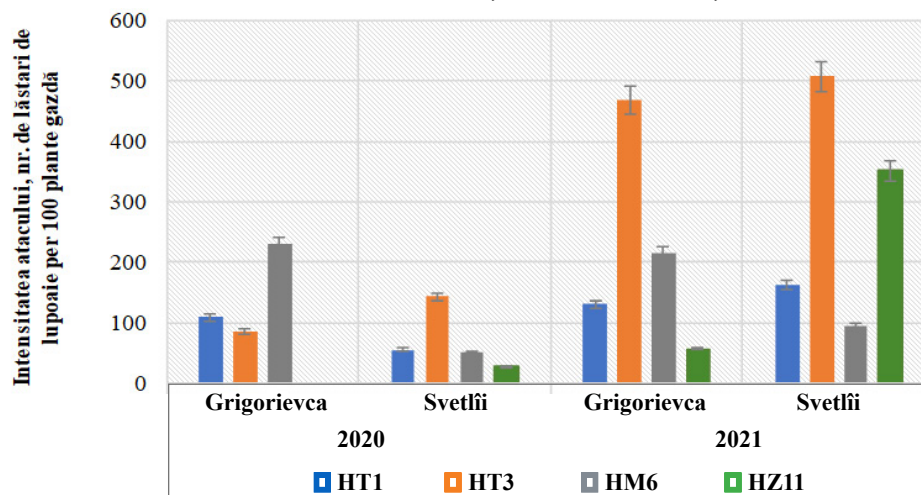
În 2020 cantitatea de precipitații anuale necesare pentru creșterea și dezvoltarea optimă a florii-soarelui a fost asigurată doar parțial, fiind cu cca 43-53% mai joasă decât limita inferioară a necesarului. În majoritatea localităților s-a stabilit un deficit de apă atât în perioada rece a anului (82,2-88,9%) – importantă pentru formarea rezervelor de apă din sol, cât și în perioada de vegetație (46,9-53,7%). Spre deosebire de acestea, în Visoca, deși cantitatea de precipitații căzute în perioada rece a anului a fost destul de redusă (123 mm, adică 27% din necesar), în perioada de vegetație aceasta a constituit 262 mm, asigurând cca 75% din necesarul pentru dezvoltarea plantei. De remarcat inclusiv faptul că în acest an temperatura medie a aerului a fost cu 1,4-2,3°C mai înaltă față de valorile înregistrate în aceleași localități în anul 2021, ceea ce a contribuit la sporirea ratei de evaporare a apei și, respectiv, a deficitului.

Contrar, în 2021, cantitatea de precipitații anuale a depășit limita inferioară a necesarului în majoritatea localităților analizate, excepție constituind doar Svetlîi unde ponderea precipitațiilor a constituit 77,8%. O situație similară s-a observat cu referire la precipitațiile căzute în perioada de vegetație, cantitatea acestora fiind cuprinsă între 244-409 mm. În cazul precipitațiilor din perioada rece a anului s-a relevat un deficit de cca 53-76%, mai pronunțat în localitățile din sudul țării.

Se constată că în anul caracterizat prin condiții climatice mai favorabile pentru dezvoltarea plantei gazdă

intensitatea atacului cu lupoaie a depășit nivelul marcat în anul secetos de 1,2-12,5 ori, diferențele fiind statistic semnificative. Astfel, intensitatea atacului în cele două localități (Grigorievca și Svetlîi) a variat între 58-507 lăstari de lupoaie per 100 de plante gazdă – în anul 2021, comparativ cu 28-231 – în anul 2020. Cel mai afectat a fost hibridul notat convențional HT3, excepție constituind doar anul 2020, localitatea Grigorievca, când cea mai înaltă intensitate a atacului a fost relevată la hibridul HM6 (Figura 1). Hibridul HZ11 care prezintă un nivel înalt de infestare în 2021, practic nu este infestat în anul 2020.

Fig. 1. Intensitatea atacului cu lupoaie în localitățile Grigorievca și Svetlîi, anul 2020 și 2021.



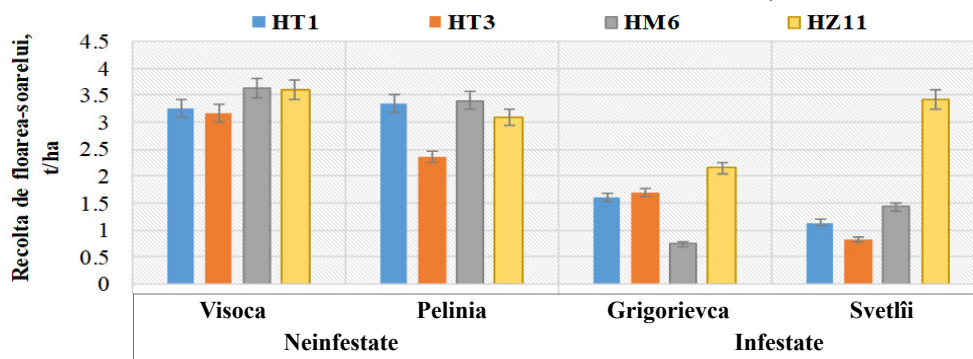
Nivelul mai redus de infestare din anul 2020 caracterizat prin secetă puternică se explică, probabil, în special prin influența indirectă asupra parazitului, prin intermediul plantei gazdă, care fiind epuizată, în cazul unui stres hidric, dispune de resurse limitate de apă și surse nutritive ce pot fi prelevate de angiosperma parazită. Astfel, s-a demonstrat că scăderea potențialului de apă afectează negativ creșterea timpurie a lăstarilor parazitului, fapt confirmat pentru rizoparaziții *Orobanche crenata* [1], *Striga hermonthica* și *Alectra vogelii* Benth. [15]. Pe de altă parte, Li și colab. [16] au raportat la plantele de cultură supuse stresului hidric o scădere semnificativă a concentrației de strigolactone – o grupă de hormoni vegetali, cunoscuți inclusiv ca stimulatori ai germinării semințelor de *O. cumana* [17].

Deși în anul 2020 incidența lupoaiei a fost mult mai joasă, analiza regresională a relevat faptul că dintre factorii analizați aceasta este principalul ce determină varierea parametrilor de creștere și dezvoltare a florii-soarelui. Contrar, în anul 2021, ponderea majoritară a variațiilor a fost atribuită condițiilor climatice, în special temperatura și precipitațiile din perioada rece, influența *O. cumana* fiind nesemnificativă. Reieșind din aceste considerente, evaluarea impactului lupoaiei asupra culturii de floarea-soarelui s-a axat pe analiza datelor din anul 2020 în câmpurile infestate *vis a vis* cele neinfestate.

Analiza interrelațiilor dintre indicii morfo-anatomici, biochimici și de productivitate a culturii de floarea-soarelui incluși în studiu și factorii abiotici (condițiile climatice) și biotici (lupoaia) au indicat valori R^2 cuprinse între 0,30-0,71, variate în funcție de parametrii analizați. Conform modelelor de regresie cea mai mare pondere (71%) a influenței parazitului *O. cumana* asupra variației indicilor de productivitate a florii-soarelui a fost marcată în cazul recoltei, urmată de 43%, 38%, 42% și 30%, respectiv, în cazul taliei plantei, suprafeței foliare, indicelui suprafeței foliare și cantității de clorofilă *a*, constatându-se că varierea mărimii unor trăsături asociate cu productivitatea sunt, probabil, determinate preferențial de densitatea plantelor, fertilitatea solului ș.a. factori de mediu/ tehnologici ce nu au constituit subiectul prezentului studiu.

Astfel, recolta a variat între 2,36 și 3,64 t/ha în absența infestării cu lupoaie și 0,74-2,80 t/ha, respectiv, în prezența infestării. Indicii maximali ai recoltei au fost prezentați, în special, de hibridul HZ11, iar cei minimali – de HT3 (Figura 2). Diferența dintre recolta obținută pe loturile din Grigorievca și Svetlîi *versus* Pelinia, Visoca a fost semnificativă, pe câmpurile infestate înregistrându-se valori cu 54-69% mai reduse. Totodată, a fost stabilită o corelație negativă puternică dintre recoltă și intensitatea atacului, coeficientul de regresie Pearson constituind $r=-0,81$.

Fig. 2. Recolta hibrizilor de floarea-soarelui în câmpurile infestate și neinfestate, anul 2020.



Se cunoaște că plantele parazite pot afecta productivitatea gazdei prin extragerea apei, nutrienților și compușilor organici din sistemul vascular al gazdei, exercitând concomitent un impact semnificativ asupra fiziologiei plantei gazdă și influențând capacitatea acesteia de a dobândi resurse nutritive [18]. Astfel, mai multe specii de *Orobanche* provoacă pierderi agricole semnificative și pot fi responsabile pentru reducerea cu peste 50% a randamentului culturii, mai ales în combinație cu seceta [19], datele prezentate în lucrarea de față confirmând aceste afirmări.

Rezultate diferite au fost stabilite în cazul parametrilor morfo-anatomici precum talia plantelor, suprafața frunzelor și indicele suprafeței frunzei. Astfel, cu excepția hibridului HZ11 care a prezentat rezistență inclusiv în câmpurile din Svetlîi și Grigorievca, înălțimea plantelor a fost cuprinsă în limitele de 147-210 cm în câmpurile neinfestate (Visoca și Pelinia) și 97-145 cm în cele infestate (Svetlîi și Grigorievca), suprafața frunzelor a variat între 4004-6191 cm² (Figura 3) respectiv, 2384-3605 cm² (Figura 4), iar indicele acesteia între 2,30-4,42, corespunzător, 1,36-2,06 (Figura 5). La compararea datelor din câmpurile infestate și cele lipsite de lupoai s-a observat o scădere a valorilor trăsăturilor menționate, diferită în funcție de genotip, cu 24-29%; 16-48% și 25-51%, aceștia prezentând coeficienți de corelație negativă puternică cu intensitatea atacului, după cum urmează $r = -0,68$; $-0,65$ și $-0,66$.

Fig. 3. Talia hibrizilor de floarea-soarelui în câmpurile infestate și neinfestate, anul 2020.

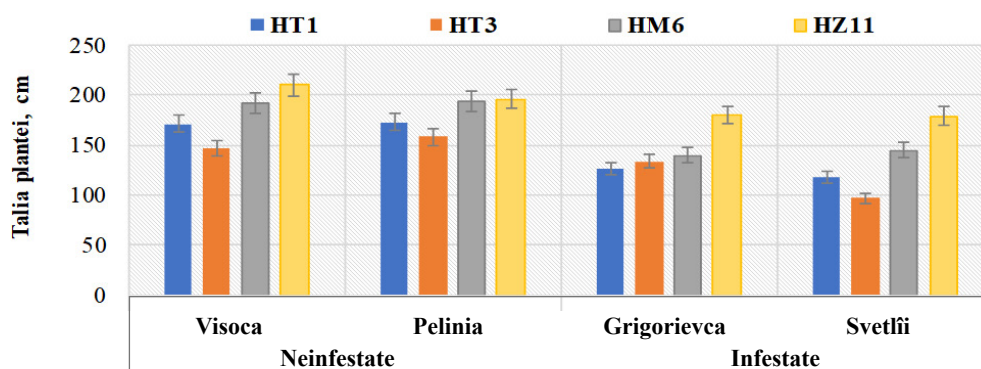


Fig. 4. Suprafața foliară a hibrizilor de floarea-soarelui în câmpurile infestate și neinfestate, anul 2020.

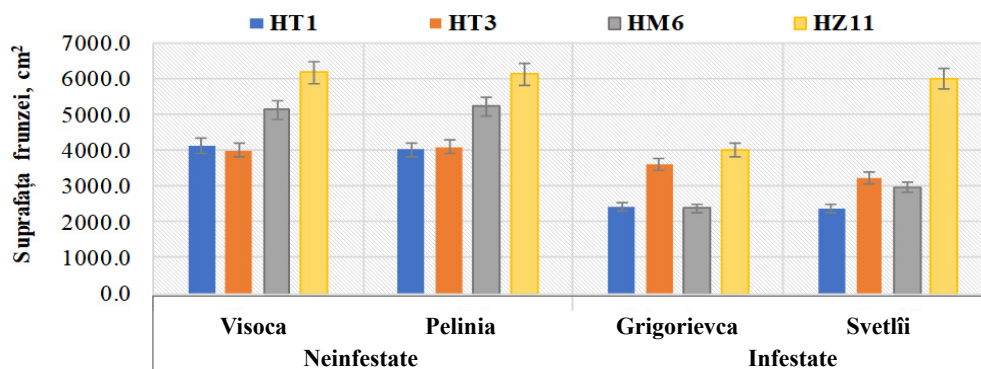
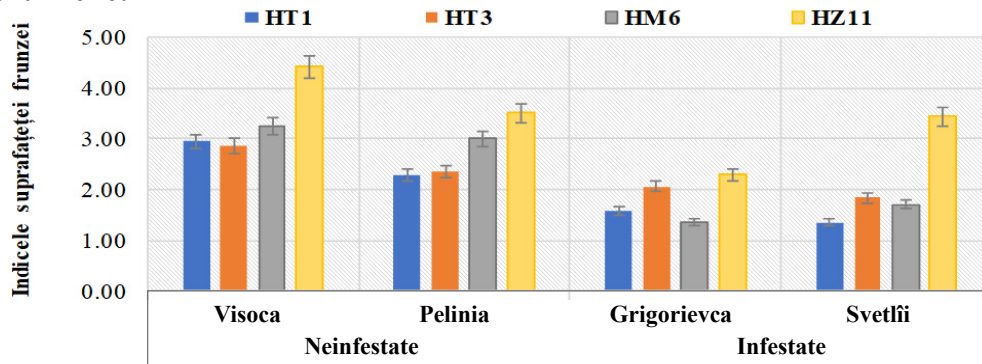


Fig. 5. Indicele suprafeței foliare a hibridilor de floarea-soarelui în câmpurile infestate și neinfestate, anul 2020.

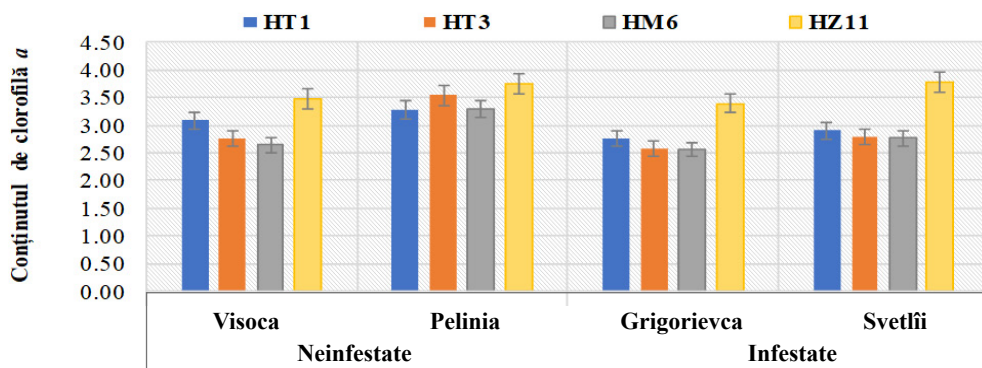


De remarcat că, în conformitate cu rapoartele altor cercetători, în absența stresului hidric, influența lupoaiei asupra suprafeței frunzelor de floarea-soarelui este diferită față de cea remarcată de noi în cazul combinației dintre stresul abiotic și biotic. Astfel, Pincovici și coautorii [20] au stabilit că în lotul de floarea-soarelui infestat cu *O. cumana* suprafața frunzelor a fost cu 23-30% comparativ cu cele neinfestate, totodată, constatându-se scăderea grosimii mezofilului, respectiv, masa totală a frunzelor per plantă fiind similară pentru ambele loturi, fapt explicat prin plasticitatea frunzelor, care alocă masă în favoarea suprafeței, ceea ce rezultă într-o reducere de masă. Respectiv, putem presupune că efectul relevat în cadrul prezentului studiu se datorează suprapunerii influenței ambelor tipuri de stres, mai ales ținând cont de aceea că seceta provoacă reducerea considerabilă a suprafeței frunzelor și a ratei de fotosinteză. Astfel, Peckan și alții au constatat diminuarea cu cca 75% a suprafeței foliare pe fundal de stres hidric [21].

Efectele cauzate de plantele parazite asupra diferiților parametri pot afecta direct sau/și indirect funcționarea sistemului fotosintetic și, prin urmare, pot afecta creșterea plantei gazdă. Astfel, au fost stabilite diferențe dintre câmpurile infestate și cele neinfestate cu referire la cantitatea de clorofilă în frunze, fiind relevată o diminuare a cantității de clorofilă *a*, cunoscută ca un indicator în evaluarea fotosintezei, cu 11-15%, corelația cu intensitatea atacului cu lupoaie constituind $r=-0,59$ (Figura 6). Datele expuse mai sus prezintă diferențe statistic semnificative în câmpurile infestate *vis a vis* cele neinfestate, la nivelul de semnificație $p \leq 0,01$. În cazul numărului de frunze per plantă și pigmentilor precum clorofila *b* și carotenoizi diferențele au fost nesemnificative.

Rezultatele raportate de diferiți cercetători referitoare la influența plantelor parazite asupra cantității de clorofilă și a procesului de fotosinteză la diverse culturi variază semnificativ în funcție de faza de dezvoltare a culturii la momentul infectării, condițiile de mediu, genotipul culturii ș.a. Astfel, date similare celor prezentate în lucrare au fost raportate cu referire la plantele de tomate parazitare, acestea fiind explicate prin cerințele nutriționale ale paraziților care limitează creșterea și funcționarea normală a plantei gazdă. Shamsullah și colab. [22] au determinat un conținut de clorofilă cu 29,2% mai redus în frunze la plantele de tomate infectate cu *Phelipanche ramosa*, în comparație cu plantele neinfestate. *O. foetida* a afectat semnificativ biomasa, randamentul culturii și indicele conținutului de clorofilă la fasole [23].

Fig. 6. Cantitatea de clorofilă a la hibridii de floarea-soarelui în câmpurile infestate și neinfestate, anul 2020.



Pérez-Bueno și alții [24] au constatat o creștere a conținutului total de clorofilă la plantele de floarea-soarelui infectate cu *O. cumana* și o scădere a acumulării de metaboliți secundari, ambele asociate cu necesitatea unei activități fotosintetice mai ridicate pentru a asigura parazitul cu substanțe organice și energie. În timp ce, în cadrul studiilor realizate de Cochavi și colaboratorii [25] conținutul de clorofilă la floarea-soarelui infestată/ neinfestată cu *O. cumana* nu a variat semnificativ.

Concluzii

Studiul efectului parazitului *Orobanche cumana* Wallr. (lupoaia) asupra recoltei de floarea-soarelui și a unor indici morfo-anatomici și fiziologo-biochimici la un șir de hibrizi de floarea-soarelui sensibili la acțiunea parazitului în diferite condiții de mediu (pe câmpurile de testare a CSTS din diferite zone pedoclimatice – Visoca, Pelinia, Grigorievca și Svetlii) a relevat un impact pronunțat al parazitului, în special, pe fundal de secetă, deși gradul de infestare a fost mult mai înalt în condiții favorabile de dezvoltare a culturii.

Analiza regresională a indicat faptul că în anul 2020, caracterizat prin climă secetoasă, variația indicilor recolta de floarea-soarelui, talia plantei, suprafața foliară, indicele suprafeței foliare și cantitatea de clorofilă *a* în proporție de 71%, 43%, 38%, 42% și 30%, respectiv, poate fi atribuită intensității atacului cu lupoaie. Recolta în câmpurile infestate (Grigorievca și Svetlii) a scăzut cu 54-69% față de cele neinfestate (Pelinia, Visoca), înălțimea plantelor, suprafața frunzelor și indicele acesteia a fost cu 24-29%; 16-48% și 25-51% mai redus. A fost afectat inclusiv conținutul de clorofilă *a*, înregistrându-se o diminuare cu 11-15%. Au fost constatate corelații negative puternice a parametrilor menționați cu intensitatea atacului, după cum urmează $r=-0,68$; $-0,65$; $-0,66$ și $-0,59$.

Efectul holoparazitului lupoaia se amplifică la interferarea cu stresul abiotic (secetă), rezultând în afectarea unui șir de trăsături asociate cu productivitatea, procese fiziologice la floarea-soarelui, provocând, finalmente, reducerea semnificativă a recoltei de semințe.

Referințe:

1. EPHRATH, J. E., EIZENBERG, H. *Quantification of the dynamics of Orobanche cumana and Phelipanche aegyptiaca parasitism in confectionery sunflower*. In: *Weed Research*, 2010, nr. 50, p. 140–152. ISSN: 0043-1737.
2. SONG, W. J., ZHOU, W. J., JIN, Z. L., et al. *Germination response of Orobanche seeds subjected to conditioning temperature, water potential and growth regulator treatments*. In: *Weed Research*, 2005, nr. 45, p. 467–476. ISSN: 0043-1737.
3. EVANS, B. A., BOROWICZ, V. A. *The plant vigor hypothesis applies to a holoparasitic plant on a drought-stressed host*. In: *Botany*, 2015, nr. 93, p. 685–689. ISSN: 1916-2790.
4. ZAGORCHEV, L., STÖGGL, W., TEOFANOVA, D., LI, J., KRANNER, I. *Plant Parasites under Pressure: Effects of Abiotic Stress on the Interactions between Parasitic Plants and Their Hosts*. In: *International Journal of Molecular Sciences*, 2021, nr. 10(22), p. 7418. ISSN: 1422-0067.
5. HIBBERD, J. M., QUICK, W. P., PRESS, M. C., SCHOLLES, J. D., JESCHKE, W. D. *Solute fluxes from tobacco to the parasitic angiosperm Orobanche cernua and the influence of infection on host carbon and nitrogen relations*. In: *Plant, Cell and Environment*, 1999, nr. 22, p. 937–947. ISSN: 1365-3040.
6. JULIAN, M., HIBBERD, W., JESCHKE, D. *Solute flux into parasitic plants*. In: *Journal of Experimental Botany*, 2001, vol. 52, nr. 363, p. 2043–2049. ISSN: 0022-0957.
7. 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, nr. 4, p. 574–581. ISSN: 0043-1745.
8. DALE, H., PRESS, M. C. *Elevated atmospheric CO₂ influences the interaction between the parasitic angiosperm Orobanche minor and its host Trifolium repens*. In: *New Phytologist*, 1998, p. 65–73. ISSN: 1469-8137.
9. WATLING, J. R., PRESS, M. C. *Impacts of infection by parasitic angiosperms on host photosynthesis*. In: *Plant Biology*, 2001, nr. 3, p. 244–250. ISSN: 1438-8677.

10. 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 *Orobanche cernua*?* In: *Plant, Cell and Environment*, 1998, nr. 21, p. 333-340. ISSN: 1365-3040.
11. FIROUZABADI, A. G., RAEINI-SARJAZ M., SHAHNAZARI, A., ZAREABYANEH H. *Non-destructive estimation of sunflower leaf area and leaf area index under different water regime managements*. In: *Archives of Agronomy and Soil Science*, 2015, nr. 10, vol. 61, p. 1357-1367. ISSN: 1476-3567.
12. LICHTENTHALER, H. K., BUSCHMANN, C. *Chlorophylls and Carotenoids: Measurement and Characterization by UV-VIS Spectroscopy*. In: *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 2001. eds. Wrolstad, R. E., Acree, T. E., An, H., Decke et al., John Wiley and Sons, New York, F4.3.1-F4.3.8.
13. ION, V. *Fitotehnie. Universitatea de Agronomie și Medicină Veterinară din București*, 2010, 143 p.
14. MORAL, J., LOZANO-BAENA, M. D., RUBIALES, D. *Temperature and water stress during conditioning and incubation phase affecting *Orobanche crenata* seed germination and radicle growth*. In: *Frontiers in Plant Science*, 2015, nr. 6, p. 408. ISSN:1664-462X.
15. DAWOUD, D. A., SAUERBORN, J. *Impact of drought stress and temperature on the parasitic weeds *Striga hermonthica* and *Alectra vogelii* in their early growth stages*. In: *Experimental Agriculture*, 1994, nr. 30, p. 249–257. ISSN: 0014-4797.
16. LI, W., HERRERA-ESTRELLA, L., TRAN, L.-S. P. *Do Cytokinins and strigolactones crosstalk during drought adaptation?* In: *Trends in Plant Science*, 2019, nr. 24, p. 669–672. ISSN: 1878-4372.
17. JOEL, D. M., CHAUDHURI, S. K., PLAKHINE, D., ZIADNA, H., STEFFENS, J. C. *Dehydrocostus lactone is exuded from sunflower roots and stimulates germination of the root parasite *Orobanche cumana**. In: *Phytochemistry*, 2011, nr. 72(7), p. 624-634. ISSN: 0031-9422.
18. PRIDER, J., WATLING, J., FACELLI, J. M. *Impacts of a native parasitic plant on an introduced and a native host species: implications for the control of an invasive weed*. In: *Annals of Botany*, 2009, nr. 103(1), p. 107-115. ISSN: 0305-7364.
19. PARKER C. *Parasitic weeds: a world challenge*. In: *Weed Science*, 2012. nr. 60, p. 269–276. ISSN: 0043-1745.
20. PINCOVICI, S., COHAVI, 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, nr. 271, p. 100-107. ISSN: 0168-9452.
21. PEKCAN, V., EVCI, G., YILMAZ, M.I. et. al. *Evaluating Foliar Responses of Sunflower Genotypes under Drought Stress*. In: *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 2015, vol. 1, nr. 6, p. 54-63. ISSN: 2395-6011.
22. SHAMSULLAH, S. K. L., PANEZAI, M. A., MENGAL, M. A., KAKAR, S. R., SAEED, S., AHMED, A. *Parasitic effects of broomrape (*Orobanche* spp.) on growth, yield and quality of tomato and its economic loss in agroecological conditions of Khanozai (Karezat Region) District Pishin, Balochistan, Pakistan*. In: *International Journal of Biosciences*, 2019, nr. 15(6), p. 126–136. ISSN: 2220-6655.
23. AMRI M, ABBES Z, TRABELSI I, GHANEM ME, MENTAG R, KHARRAT M. *Chlorophyll content and fluorescence as physiological parameters for monitoring *Orobanche foetida* Poir. infection in faba bean*. In: *PLoS One*, 2021, nr. 16(5), e0241527. ISSN: 1544-9173.
24. PÉREZ-BUENO, M. L., BARÓN, M., GARCÍA-CARNEROS, A. B., MOLINERO-RUIZ, L. *Diagnosis of the Infection of Sunflower by *Orobanche cumana* Using Multicolour Fluorescence imaging*. In: *Helia*, 2014, vol. 37, nr. 61, p. 173-179. ISSN: 1018-1806.
25. COHAVI, A., RAPAPORT, T., GENDLER, T., KARNIELI, A., EIZENBERG, H., RACHMILEVITCH, S., EPHRATH, J. E. *Recognition of *Orobanche cumana* Below-Ground Parasitism Through Physiological and Hyper Spectral Measurements in Sunflower (*Helianthus annuus* L.)*. In: *Frontiers in Plant Science*, 2017, nr. 8, e909. ISSN: 1664-462X.

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: <https://orcid.org/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: steliana.clapco@usm.md

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

Ion BURCOVSCHI, doctorand, cercetător științific stagiar, Centrul de Cercetări Științifice Genetică Funcțională, CCȘ „Biologie și Pedologie”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: burcowski@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4417-3846>

Rodion DOMENCO, doctor în științe geonomice, cercetător științific superior, Centrul de Cercetări Științifice Genetică Funcțională, CCȘ „Biologie și Pedologie”, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: rodion.domenco@usm.md

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2419-5602>

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: <https://orcid.org/0000-0002-1244-7147>

Mihail MACHEDON, director, Comisia de Stat pentru Testarea Soiurilor de Plante.

E-mail: mihail.machidon@cstsp.md

Prezentat la 22.09.2023