

EVALUAREA POTENȚIALULUI IMPACT AL SCHIMBĂRILOR CLIMATICE ASUPRA UNOR AGENȚI PATOGENI AI FLORII-SOARELUI

DOI: <https://doi.org/10.52673/18570461.23.2-69.04>

CZU: 551.583.16:632.92:632.93:575.22:582.952.6

Academician **Maria DUCA**E-mail: mduca2000@yahoo.comORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5855-5194>Doctor în biologie **Ina BIVOL**E-mail: bivolinga@yahoo.comORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6052-1540>

Universitatea de Stat din Moldova, Centrul Genetică Funcțională

THE POTENTIAL IMPACT EVALUATION OF CLIMATE CHANGES ON SOME SUNFLOWER PATHOGENS

Summary. From domestication to the present time, agricultural crops have been constantly threatened by pathogens and pests that cause harvest losses, often leading to famine and social unrest. Global climate change, enhanced volume of trade and increased human mobility over the past 50 years are key risk factors in the introduction and establishment of non-native species in new areas. These invaders are a major threat worldwide due to their effect on human health, global food security and livelihoods, disruption of trade, biodiversity, habitat destruction, loss of agricultural productivity and high disease risk to crop plants.

The given work have made an attempt to summarize the current knowledge with reference to the spread, frequency, genetics, evolution, diversity of pathogens, especially in sunflower, with some forecasts of the development of different diseases and recommendations for combating them in the context of climate change at the global level.

Keywords: sunflower, climate changes, pathogens, genetic resistance, evolution of pathogens.

Rezumat. De la domesticire și până în prezent, culturile agricole au fost amenințate permanent de patogeni și dăunători care provoacă pierderi de recolte, conducând adesea la foamete și tulburări sociale. Schimbările climatice globale, volumul sporit al comerțului și mobilitatea umană crescută în ultimii 50 de ani sunt factori de risc cheie în introducerea și stabilirea speciilor neindigene în zone noi. Acești invadatori reprezintă o amenințare majoră la nivel mondial din cauza efectului lor asupra sănătății umane, securității alimentare și mijloacelor de trai la nivel mondial, perturbării comerțului, biodiversității, distrugerii habitatului, pierderii productivității agricole și riscului ridicat de îmbolnăvire la plantele de cultură.

Lucrarea dată reprezintă o încercare de generalizare a cunoștințelor actuale cu referire la răspândirea, frecvența, genetica, evoluția, diversitatea patogenilor, îndeosebi la floarea-soarelui, cu unele prognoze de dezvoltare a diferitor boli și recomandări de combatere în contextul schimbărilor climatice la nivelul global.

Cuvinte-cheie: floarea-soarelui, schimbările climatice, patogeni, rezistența genetică, evoluția patogenilor.

INTRODUCERE

Schimbările climatice, de rând cu globalizarea piețelor, a producției de semințe și de material săditor, au un impact considerabil asupra sectorului agrar. Pe lângă „nordizarea” agriculturii (creșterea cu 1 °C a temperaturii poate deplasa zona de producție intensivă a culturilor spre nord cu 300 km), care reprezintă un efect pozitiv al încălzirii globale [1], efecte negative s-au constatat la 82 % dintre cele 94 de procese ecologice cheie care determină diversitatea genetică și funcționarea ecosistemelor [2; 3]. Modificarea climei influențează sistemele biologice la diferite nivele de organizare a materiei vii – de la gene până la ecosisteme, facilitează introducerea de organisme nedorite și

conduce la o situație extrem de favorabilă pentru răspândirea și aclimatizarea patogenilor și dăunătorilor, cu creșterea concomitentă a riscului de efecte nocive asupra culturilor agricole, pădurilor etc. [4; 5].

Astfel, în ultimii 50 de ani rata riscului de invadare biotică a crescut considerabil [6; 7]. Totodată, se constată și reducerea imunității și rezistenței culturilor de câmp la factorii biotici [8]. În același timp, schimbările climatice pot provoca o serie de aspecte noi în relațiile dintre plante, patogeni și alte componente ale sistemului de patogeneză sporind riscul de îmbolnăvire [9; 10].

Pierderile de randament cauzate de patogeni variază de la 4-5 până la 100 %, în funcție de incidența și

agresivitatea patogenilor, la rândul lor dependente de calitatea lucrărilor agrotehnice, sensibilitatea germoplasmei hibrizilor comerciali și condițiile climatice pe parcursul perioadei de vegetație [11].

Organizația Națiunilor Unite pentru Alimentație și Agricultură (FAO) a estimat că în condițiile în care peste 800 de milioane de oameni din întreaga lume nu au suficientă hrană, speciile invazive cauzează 10-16 % dintre pierderile producției agricole, iar daunele ecologice și economice se ridică la 120 de miliarde de dolari pe an numai pentru SUA. Din cauza agenților patogeni, pierderile totale de producție a culturilor agricole din SUA se estimează la circa 33 de miliarde de dolari pe an [12], deși acestea reprezintă doar o mică parte dintre pierderi, costul real fiind mult mai mare și în creștere permanentă [9]. Conform unui raport recent al FAO, anual până la 40 % din producția globală a culturilor se pierde din cauza dăunătorilor. În fiecare an, bolile plantelor costă economia globală peste 220 de miliarde de dolari, iar daunele determinate de insectele invazive – 70 de miliarde de dolari [13]. Din aceste considerente, o importanță primordială are ajustarea protocoalelor de protecție a plantelor și furnizarea de servicii pentru ecosistemele gestionate (agricultură, horticultură, silvicultură) și negestionate (păduri, parcuri naționale etc.). Așadar, protecția plantelor este una dintre componentele principale necesare pentru asigurarea și menținerea securității alimentare în prezent și în viitor.

S-a constatat că producția pierdută din cauza bolilor și dăunătorilor ar hrăni 8,5 % din populația lumii [14]. Mai mult ca atât, pe lângă pierderile de recolte, prezența micotoxinelor (toxine produse de fungi) în alimente și furaje poate reprezenta o amenințare serioasă pentru sănătatea umană și animală [15]. Astfel de date statistice pun în evidență necesitatea elaborării

unor strategii în vederea reducerii impactului bolilor la plante și a unor măsuri de control și management cu scopul de a minimiza daunele cauzate de bolile plantelor în agricultură, viticultură, horticultură, silvicultură și obiecte naturale protejate.

EVOLUȚIA PATOGENILOR ÎN CONDIȚIILE SCHIMBĂRILOR CLIMATICE

În condițiile schimbărilor climatice globale intervin diferite tipuri de modificări structurale și funcționale care afectează atât planta gazdă (noile practici de cultivare, utilizarea de noi genotipuri, noi zone de cultivare etc.), cât și agentul patogen (tulpini mai agresive, incidențe modificate ale bolilor, evoluția agenților patogeni criptici și/sau latenți etc.) [16]. Efectul variabilelor de mediu către agenți patogeni și plante poate avea rezultate favorabile, neutre sau negative asupra dezvoltării bolii plantelor [17]. Diferențele de climă, distribuția agenților patogeni și practicile de cultură afectează răspândirea bolilor individuale în fiecare regiune.

Factori de mediu care afectează patogenitatea la plante. Schimbările climatice ar putea influența direct sau indirect dezvoltarea agenților patogeni, rezistența gazdei și interacțiunea gazdă-patogen [18; 19; 11]. Există numeroși factori care influențează apariția bolii și perturbarea proceselor de creștere și dezvoltare a plantelor, respectiv – reducerea recoltei (figura 1). Printre factorii de mediu cu o influență esențială asupra declanșării bolii se numără modificarea concentrațiilor de CO₂, a temperaturii și a disponibilității apei. Temperatura și umiditatea influențează mecanismele de virulență, cum ar fi producția de toxine și proteine de virulență, precum și reproducerea și supraviețuirea patogenului.

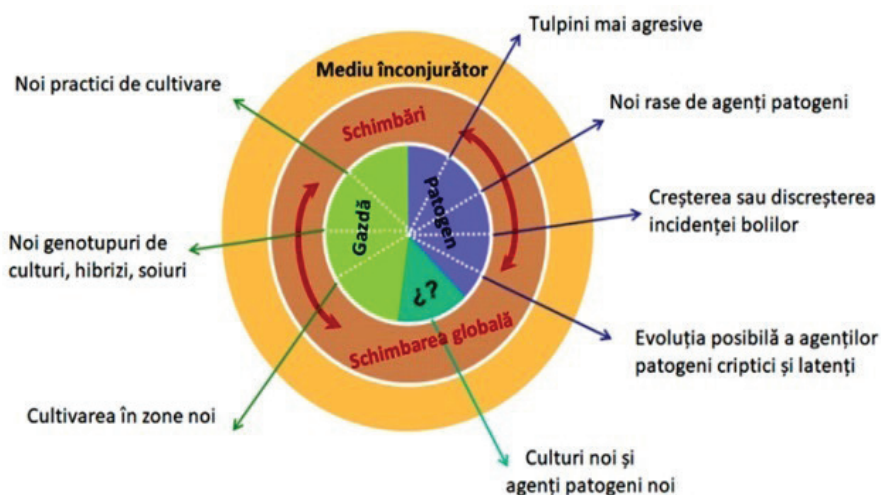


Figura 1. Factorii supuși schimbărilor climatice care influențează apariția bolii [16].

Pentru fiecare patosistem, inclusiv cele ce implică floarea-soarelui în calitate de plantă gazdă, există un interval optim de temperatură și umiditate care favorizează dezvoltarea bolii, iar în cazul în care valorile existente se abat semnificativ de la cele optime, efectul condițiilor de mediu asupra bolii poate fi neutru sau negativ [17]. Astfel, pentru majoritatea fungilor optimul termic variază între 15-25 °C, iar temperaturile mai înalte pot încetini sau stopa creșterea ciupercilor microscopice. În cazul fomopsisului temperaturile mai mari de 32 °C stabilite pe parcursul câtorva zile succesive pot avea chiar efect letal asupra patogenului [20], pe când creșterea și dezvoltarea micromicetei *Macrophomina phaseolina*, care provoacă putregaiul cărbunos, este stimulată de temperaturile cuprinse între 28-30 °C și conținutul scăzut de apă în sol [21]. Temperaturile înalte (25-28 °C) și prezența apei libere pe suprafața frunzelor favorizează inclusiv germinarea conidiilor de *Alternaria helianthi* [22].

Bolile cauzate de agenți patogeni, care infectează planta la nivelul părților aeriene, sunt favorizate de condițiile de ploaie, umiditatea ridicată a aerului și solului. Virulența ciupercii *Sclerotinia sclerotiorum* sporește odată cu creșterea umidității aerului cu o durată de cel puțin 39 de ore, incidența patogenului la plantele de lăptucă fiind mai mare atunci când umiditatea relativă a aerului depășește 80 % [23]. *Diaporthe helianthi* va dezvolta leziuni inițiale ale frunzelor dacă umiditatea relativă depășește 90 % timp de 36 de ore [20]. Pentru infectarea culturii cu mană (*Plasmopara halstedii*) sunt necesare aproximativ 50 mm de apă liberă pe parcursul a 10 zile din data plantării [3]. Fomoza sau înnegrirea tulpinilor (*Phoma macdonaldii*) necesită apă liberă la nivelul de trecere pentru infectarea plantelor de floarea-soarelui [24], iar pentru putregaiul fructelor cauzat de *Phytophthora capsici* optimul este de aproape 100 % [25]. De asemenea, o cantitate mai mare de precipitații în timpul iernii favorizează creșterea plantelor și, respectiv, a bolilor asociate [26].

Pe de altă parte, pentru agenții patogeni din sol, dintre care mulți provoacă boli de ofilire a plantelor, umiditatea solului este mai periculoasă decât umiditatea aerului. Umiditatea mai redusă a solului scade incidența infecției cu *Ralstonia solanacearum* la tomate [27]. În condiții asemănătoare *Magnaporthe oryzae* provoacă infecții mai agresive la orez [28], iar *Streptomyces* spp. favorizează dezvoltarea cancerului bacterian la cartof [29].

Se presupune că concentrațiile mai mari de CO₂ determină creșterea ratei de fotosinteză și a randamentului culturilor la plantele C₃, dar sporesc vulnerabilitatea acestora față de diferiți patogeni [30; 31],

inclusiv față de *Fusarium graminearum* la grâu [31], *Peronospora manshurica* la soia [32], *Phytophthora infestans* la cartof [14].

Se anticipează că o creștere prognozată a temperaturii globale va schimba cel mai probabil distribuția regională în care o cultură este susceptibilă la un anumit patogen [33; 34], iar schimbările tranzitorii de temperatură, a căror frecvență se așteaptă a fi în creștere în acest secol, ar putea opri sau spori și mai mult potențialele epidemii viitoare [35]. De asemenea, se așteaptă că temperatura va influența intervalul optim de interacțiune plantă-patogen, iar acesta va modifica gradul de virulență a agenților biotici [36; 37], fiind stabilit că mici fluctuații de temperatură de 5 °C pot fi însoțite de o susceptibilitate a plantelor mai mare decât temperaturile constante de zi [38].

EVOLUȚIA PATOGENILOR LA FLOAREA-SOARELUI ÎN CONDIȚIILE SCHIMBĂRILOR CLIMATICE

Majoritatea bolilor la floarea-soarelui (figura 2) sunt cauzate de agenți patogeni specifici pentru această cultură, inclusiv *Phomopsis helianthi*, *A. helianthi* și *P. halstedii*, dar unele dintre cele mai grave boli sunt cauzate de agenți patogeni cu game largi de specii gazdă, cum ar fi putregaiul alb (*S. sclerotiorum*), care apare pe 137 de genuri diferite de plante [39; 40]. Este de menționat că floarea-soarelui poate fi parazitată de cca 30 de organisme patogene, inclusiv fungi, bacterii, viruși și nematode. Cei mai importanți fitopatogeni ai culturii, care în mod regulat cauzează pierderi economice grave în întreaga lume sunt tulpinile fungice, în special: *P. macdonaldii* (sin. *Leptosphaeria lindquistii*) – agent cauzal al pătării negre sau înnegrii tulpinilor; *P. halstedii* (sin. *Plasmopara helianthi*), care provoacă mana florii-soarelui; *D. helianthi* (sin. *P. helianthi*) – determină apariția pătării brune și frângerea tulpinii; *S. sclerotiorum* – putregaiul alb, care afectează tulpina și calatidiul florii-soarelui; *A. helianthi*, care provoacă alternarioza – o boală ce atacă preponderent frunzele plantei; *Verticillium dahliae* – cauzează ofilirea verticiliană a culturii; *Puccinia helianthi* (sin. *Botryotinia fuckeliana*) – provoacă apariția ruginii florii-soarelui și, respectiv, a putregaiului cenușiu etc. În majoritatea cazurilor, patogeni fungici cauzează diverse boli ce afectează tulpina, frunzele sau calatidiul plantei, perturbând procesul de dezvoltare a culturii și determinând piticirea, pătarea, îngălbenirea, putrezirea, ruperea și căderea plantelor (figurile 2, 3). Adicional micromicetelor, printre paraziții specifici ai culturii de *Helianthus annuus* este și angiosperma lupoaia (*Orobancha cumana*) (figura 4), cu impact nega-

tiv semnificativ asupra calității și cantității producției de semințe [11].

Micozele sunt boli cauzate de fungi paraziți (circa 40 de fungi), care produc cele mai mari daune în producția de floarea-soarelui, dar nu toate provoacă daune semnificative din punct de vedere economic sau sunt prezente în toate zonele de cultivare. De exemplu, putregaiul cărbunos (*M. phaseolina*) se întâlnește în principal în zonele mai calde, unde temperaturile ridicate și regiunile cu umiditate scăzută a solului predispun spre infecție. În schimb, mana (*P. halstedii*) se constată mai frecvent în regiunile în care plantulele în curs de dezvoltare sunt expuse la temperaturi scăzute și soluri umede.

Mana (*P. halstedii*), pătarea brună și frângerea tulpinii sau fomopsisul (*P. helianthi*/*D. helianthi*), rugina (*P. helianthi*), putregaiul alb (*S. sclerotiorum*) și verticilioza sau ofilirea verticiliană (*V. dahliae*) sunt boli care provoacă pierderi în majoritatea țărilor cultivate de floarea-soarelui, fiind considerate larg răspândite sau dominante (figurile 2, 3). Alternari-

oza sau pătarea brună a frunzelor, tulpinilor și capitulelor (*A. helianthi*), putregaiul moale bacterian al tulpinilor/calatidiilor (*Pectobacterium carotovorum* și *P. atrosepticum*), lupoaia (*O. cumana*), putregaiul cărbunos (*M. phaseolina*), fomoza sau înnegrirea tulpinilor (*P. macdonaldii*), făinarea (*Golovinomyces cichoracearum*, *G. ambrosiae*, *Podosphaera xanthii*), putregaiul uscat (genul *Rhizopus*: *R. stolonifer*, *R. oryzae*, *R. microsporus*), septorioza sau pătarea brună a frunzelor (*Septoria helianthi*) și putregaiul sudic (*Sclerotium rolfsii*) au importanță regională (figurile 3, 4). Unele boli sunt grave doar în anumite țări, cum ar fi verticilioza (*V. dahliae*) identificată în Argentina sau rugina albă (*Albugo tragopogonis*) în Africa de Sud (figura 3).

Schimbările climatice pot afecta distribuția plantelor parazite prin modificarea regiunilor geografice ale plantelor gazdă [41]. Totodată, temperaturile mai ridicate și absența precipitațiilor pot favoriza dezvoltarea paraziților în zone în care aceștia nu au fost depistați anterior, un exemplu fiind apariția recentă a lupoaiei la floarea-soarelui (*O. cumana*) în Franța [31].

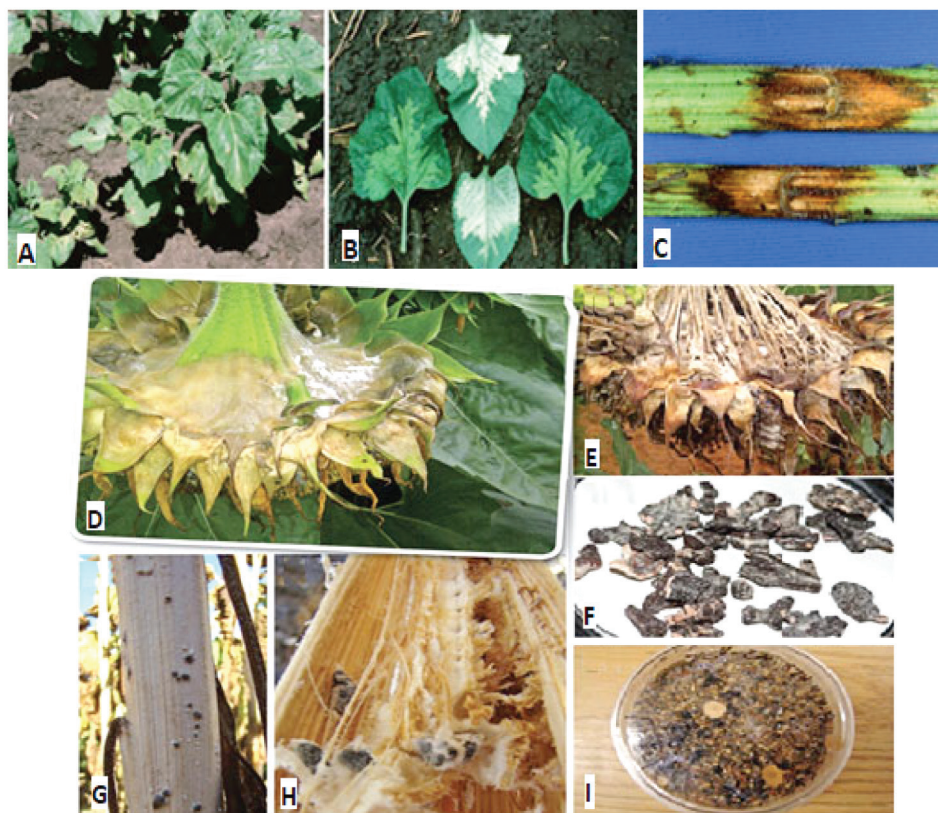


Figura 2. Plantele de floarea-soarelui infectate cu diferite boli [39].

Notă: A – plantele infectate cu mana (*P. halstedii*) caracterizate prin rachitizare și cloroză a frunzelor; B – frunze infectate cu mana, prezentate prin cloroză pe suprafața superioară și sporulație albă pe partea inferioară; C – pătarea brună și frângerea tulpinii sau fomopsisul (*P. helianthi*); D – simptomele timpurii de infectare a unei plante cu putregaiul alb (*S. sclerotiorum*) are inițial un aspect de îmbibare cu apă a calatidiilor; E – simptome ulterioare de infectare a calatidiilor cu putregaiul alb au un aspect de mătură cu multe fire fibroase; F – scleroțiile de *S. sclerotiorum* care supraviețuiesc pe suprafață sau în sol; G – tulpina infectată cu scleroții de *S. sclerotiorum* pe exterior; H – tulpina ruptă în două cu scleroții de *S. sclerotiorum* în interior; I – apotecii produse de scleroții (*S. sclerotiorum*) pe suprafața solului.

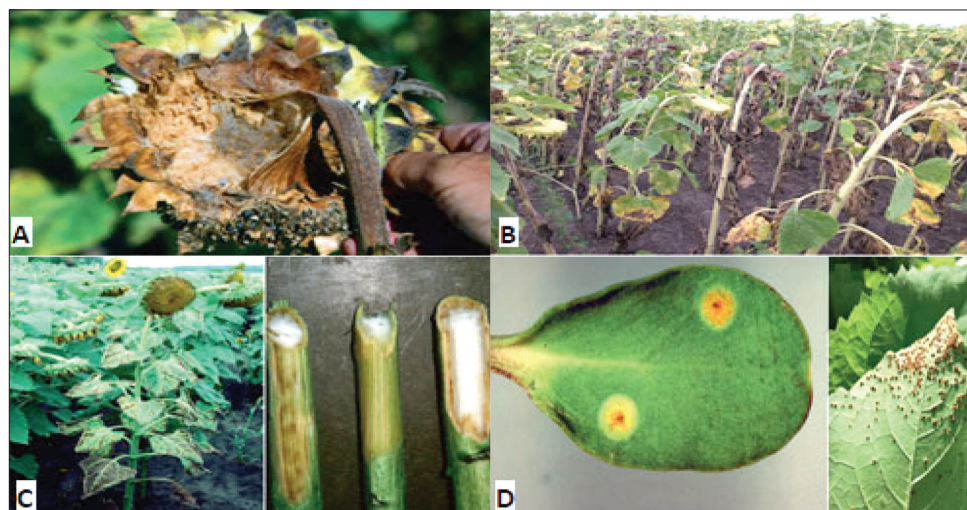


Figura 3. Boli ale florei-soarelui cu impact economic.

Notă: A – putregai uscat (genul *Rhizopus*: *R. stolonifer*, *R. oryzae*, *R. microsporus*) [39]; B – *Cadophora malorum* [42]; C – verticilioza (*Verticillium dahliae*) [39]; D – rugina (*Puccinia helianthi*) [39].

Astfel, este posibil ca regiunile în care precipitațiile se reduc, iar temperatura crește să înregistreze o scădere a bolilor care necesită apă liberă pentru realizarea ciclului de viață, cum ar fi mana florei-soarelui (*P. halstedii*), putregaiul alb (*S. sclerotiorum*), fomoza (*P. macdonaldii*) și fomopsisul (*Phomopsis* spp./*D. helianthi*) [24; 3]. În schimb, unele boli se vor dezvolta în condiții mai secetoase și cu temperatura mai ridicată, cum ar fi putregaiul cărbunos (*M. phaseolina*). Temperaturile mai ridicate și precipitațiile reduse pot avea ca efecte creșterea incidenței și răspândirea mai puternică a lupoaiei (*O. cumana*) la floarea-soarelui.

Pe de altă parte, în cazul în care producția de floarea-soarelui se extinde spre nord pentru a fi cultivată în regiuni noi, lipsa inoculului fungic sau a semințelor de plante parazite poate determina un număr mai mic de boli, cel puțin inițial.

Astfel, în condițiile schimbărilor climatice, în ultimii cinci-șase ani s-a observat creșterea incidenței verticiliozei florei-soarelui asociate cu *V. dahliae* în țări

precum Bulgaria, Franța, Italia, România, Spania, Turcia și Ucraina. *Cadophora malorum* la floarea-soarelui a fost observată în două câmpuri din Rusia, unul în Saratov în august 2015 și altul în Orenburg în august 2016 (figura 3). În vara anului 2017, aceeași simptomatologie (ofilire, îngălbenire a frunzelor și necroză) a apărut și în câmpurile de floarea-soarelui din Ucraina (regiunile Kiev, Cherkasy și Mykolaiv) [44].

Pentru abordarea cu multă seriozitate a problemei schimbărilor climatice viitoare una dintre sarcinile de bază ale amelioratorilor de floarea-soarelui este să-i crească rezistența la bolile dominante. În acest context, înțelegerea și caracterizarea diversității patogenilor la nivel global, regional și la nivelul fiecărei țări cultivate de floarea-soarelui este esențială pentru obținerea hibrizilor cu toleranță sau rezistență pe termen lung la un anumit agent patogen [45].

Rezistența genetică a fost și rămâne cea mai eficientă metodă pentru controlul verticiliozei (*V. dahliae*) la floarea-soarelui timp de aproape 50 de ani [46; 47;



Figura 4. Floarea-soarelui afectată de lupoaie (*O. cumana*) în Republica Moldova.

11]. Drept exemple de creare a genotipurilor cu rezistență durabilă și soluționare cu succes a problemelor de patogenitate pot servi toleranța la *Phomopsis* spp. și rezistența la *P. halstedii*.

Cercetările ample efectuate în anii 1990–2006 au condus la identificarea a nouă rase diferite ale agentului patogen *P. halstedii* în Spania și au oferit o imagine exactă asupra structurii genetice a populațiilor [48; 49; 50; 3]. Pe baza genelor de rezistență *Pl* au fost creați hibrizi rezistenți, astfel boala fiind controlată prin intermediul rezistenței genetice.

Recent, în condițiile favorabile create în urma schimbărilor climatice au fost identificate rase de patogeni care depășesc rezistența genetică existentă. Astfel, în vara anului 2016, în Portugalia și Spania au fost constatate focare de infecție cu mana la hibrizii rezistenți de floarea-soarelui, care conțineau ambele gene de rezistență – *Pl₂* și *Pl₆*. Peste 30 de hibrizi rezistenți afectați, colectați din diferite locații, au fost analizați prin inocularea cu cele nouă linii diferențiate de rase. Ca urmare, au fost identificate rase noi, inclusiv 305, 311, 313, 315, 711, 712, 714 și 715 [16] fiind, astfel, constatată schimbarea, în ultimii 10 ani, a compoziției patogene la populațiile de *P. halstedii* din zonă.

Rezultatele actuale în ameliorarea florii-soarelui pentru rezistența la boli ar putea fi clasificate în patru grupe:

1. Rezistența genetică la boli precum *P. halstedii*, *P. helianthi*, *Verticilium* spp. și *Erysiphe cichoracearum*;
2. Nivel ridicat de toleranță la agenți patogeni precum *Phomopsis* spp., *Macrophomina* spp., *Albugo* spp. și *Alternaria* spp.;
3. Toleranță satisfăcătoare la bolile provocate de *P. macdonaldii* și *S. sclerotiorum*;
4. Toleranță parțială la *Rhizopus* spp., *Botrytis cinerea* și alți fungi patogeni.

Totodată, putem menționa că infecția primară ar putea fi limitată de lipsa precipitațiilor, intensificarea evaporării resurselor de apă din sol și creșterea transpirației.

Reieșind din datele literaturii de specialitate și rezultatele cercetărilor proprii [51] considerăm că producătorii de floarea-soarelui din Republica Moldova se confruntă cu mai multe provocări atunci când gestionează bolile culturii, în special agenții patogeni care pot cauza pierderi semnificative de producție într-o varietate de condiții de mediu, cum ar fi de exemplu:

- rugina florii-soarelui (*P. helianthi*) sau verticilioza (*V. dahliae*), care provoacă daune semnificative în condiții de climă uscată, în comparație cu *Sclerotinia* spp. și *Phomopsis* spp., care cauzează mai multe daune atunci când vremea este umedă;

- agenții patogeni variabili, care suferă schimbări frecvente de rasă (mana, lupoaia) sau schimbări de sensibilitate la fungicide (*P. halstedii*) și instrumente de management limitate la cele mai devastatoare boli (*Sclerotinia* spp. și *Phomopsis* spp.).

CONCLUZII

Producția vegetală din sectorul agricol al Republicii Moldova variază mult de la an la an, fiind influențată semnificativ de fluctuațiile condițiilor climatice și în special de producerea fenomenelor meteo-climatice extreme.

Schimbările climatice pot avea un impact considerabil asupra evoluției patogenilor care afectează cultura de floarea-soarelui și, în consecință, conduc la reducerea considerabilă atât a producției, cât și a calității. Temperaturile ridicate, perioadele de secetă și ploile abundente pot afecta echilibrul ecologic dintre plante și patogeni și pot favoriza dezvoltarea și răspândirea acestora.

Astfel, temperaturile ridicate pot stimula dezvoltarea unor patogeni care afectează floarea-soarelui, cum ar fi *S. sclerotiorum*. De asemenea, temperaturile ridicate pot scurta ciclurile de dezvoltare ale patogenilor, ceea ce poate duce la creșterea numărului de generații pe sezon și riscului de infestare.

Ploile abundente pot favoriza răspândirea unor patogeni care sunt transmiși prin apă, cum ar fi *Phytophthora* spp., totodată, pot favoriza apariția unor boli la floarea-soarelui, cum ar fi putregaiul cenușiu (*B. cinerea*) și putregaiul alb (*S. sclerotiorum*).

Perioadele de secetă pot afecta negativ sistemul imunitar al plantelor și le pot face mai susceptibile la infecții cu patogeni. De asemenea, perioadele de secetă pot reduce nivelul de umiditate din sol și capacitatea plantelor de a absorbi nutrienți esențiali, ceea ce poate slăbi rezistența plantelor la boli.

Schimbările climatice pot afecta distribuția geografică a patogenilor care afectează culturile de floarea-soarelui. De exemplu, unii patogeni pot migra spre zonele mai reci, pe măsură ce temperaturile se încălzesc, și pot cauza probleme noi pentru fermieri.

RECOMANDĂRI

Identificarea arealelor optime și de stres în cultivarea/revizuirea arealelor culturii de floarea-soarelui (pentru diferite grupe de hibrizi după perioada de vegetație), reieșind din focarele de prezență a patogenilor, precum și din noile condiții climatice și cele așteptate.

Respectarea rotației culturilor. Reducerea cantității de inocul/semințe a patogenilor/paraziților și întreru-

perea ciclului reproductiv al bolilor prin extinderea perioadei de revenire a culturii pe același teren și diversificarea rotației prin alternarea speciilor gazdă și non-gazdă (inclusiv a speciilor „capcane”), împreună cu metodele de prelucrare a solului.

Controlul chimic. Aplicarea fungicidelor cu spectru larg de acțiune și, în cazul lupoaiei, a erbicidelor, în special, în bază de imidazolinone, cu condiția că hibridii cultivați conțin gene de rezistență la acestea (sistemul Clearfield).

Selectarea unor grupe de hibrizi cu rezistență mărită la boli specifice determinate de agenți patogeni.

BIBLIOGRAFIE

- Garrett K.A., Dendy S.P., Frank E.E. et al. Climate change effects on plant disease: genomes to ecosystems. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 2006, 44(1), 489-509.
- Scheffers B.R., De Meester L., Bridge T.C.L. et al. The broad footprint of climate change from genes to biomes to people. *Science*, 2016, 354 (6313), 719-730.
- Sutherst R.W., Constable F., Finlay K.J. et al. Adapting to crop pest and pathogen risks under a changing climate. *In: Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change*, 2011, 2(2), 220-237.
- A year to celebrate plants: UN proclaims 2020 the International Year of Plant Health, [online] <https://www.ippc.int/en/news/a-year-to-celebrate-plants-un-proclaims-2020-the-international-year-of-plant-health/> (consultat: 14.05.2023).
- Zavriev S., Ignatov A. Potentsialnyie ugrozyi v sfere selskohozyaystvennoy i prodovolstvennoy bezopasnosti. *V: M.E. i M.O.*, 2020, tom 64, nr. 7, 98-105.
- McNeely J.A. An introduction to human dimensions of invasive alien species. *In: McNeely J.A., ed. The Great Reshuffling: Human Dimensions of Invasive Alien Species.* UK: IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge: 2001, 5-22.
- Meyerson L.A., Mooney H.A. Invasive alien species in an era of globalization. *In: Front. Ecol. Environ.*, 2007, 5 (4), 199-208.
- Koshkin E.I., Andreeva I.V., Guseynov G.G. Vliyanie globalnyih izmeneniy klimata na produktivnost i ustoychivost selskohozyaystvennyih kultur k stressoram. *V: Agrohimiya*, 2019, nr. 12, s. 83-96.
- Lodge D.M., Williams S., MacIsaac H.J. et al. Biological invasions: recommendations for U.S. policy and management. *In: Ecol. Appl.*, 2006, 16(6), 2035-2054.
- Pimentel D., Lach L., Zuniga R. et al. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *In: BioScience*, 2000, 50(1), 53-65.
- Gulya T.J., Rashid K.Y., Masirevic S.M. Sunflower Diseases. *In: Schneider A.A., ed. Sunflower Technology and Production.* USA, Madison: ASA/CSSA/SSSA: 1997, 263-379.
- Pimentel D., Zuniga R., Morrison D. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *In: Ecol. Econ.*, 2005, 52(3), 273-288.
- Climate change fans spread of pests and threatens plants and crops, new FAO study, FAO, ©2021, [online] <https://www.fao.org/news/story/en/item/1402920/icode/> (consultat: 24.04.2023).
- Skelsey P., Cooke D.E.L., Lynott J.S. et al. Crop connectivity under climate change: future environmental and geographic risks of potato late blight in Scotland. *In: Glob. Chang. Biol.*, 2016, 22(11), 3724-3738.
- Magan N., Medina A., Aldred D. Possible climate-change effects on mycotoxin contamination of food crops pre-and postharvest. *In: Plant Pathol.*, 2011, 60(1), 150-163.
- Molinero-Ruiz L. Recent advances on the characterization and control of sunflower soilborne pathogens under climate change conditions. *In: OCL*, 2018, 26, 2, 1-9.
- Velásquez A., Castroverde C., He S. Plant-pathogen warfare under changing climate conditions. *In: Curr. Biol.*, 2018, 28(10), 619-634.
- Coakley S.M., Scherm H., Chakraborty S. Climate change and plant disease management. *In: Annu. Rev. Phytopathol.*, 1999, 37(1), 399-426.
- Debaeke P., Mestries E., Desanlis M. et al. Effects of crop management on the incidence and severity of fungal diseases in sunflower. *In: Arribas J.E., ed. Sunflowers: growth and development, environmental influences and pests/diseases.* New York, USA: Nova Science Pubs: 2014, 201-226.
- Delos M., Moinard J. Phomopsis du tournesol: nouveaux progrès dans la prévision des épidémies. *In: Phyto-ma*, 1997, 492, 17-21.
- Sarova J., Kudlikova I., Zalud Z. et al. *Macrophoma phaseolina* (Tassi) Goid moving north: temperature adaptation or change in climate? *In: J. Plant Dis. Prot.*, 2003, 110(5), 444-448.
- Allen S., Brown J., Kochman J. Effects of temperature, dew period, and light on the growth and development of *Alternaria helianthi*. *In: Phytopathology*, 1983, 73(5), 893-896.
- Clarkson J.P., Fawcett L., Anthony S.G. et al. A model for *Sclerotinia sclerotiorum* infection and disease development in lettuce, based on the effects of temperature, relative humidity and ascospore density. *In: PLoS ONE*, 2014, 9(4), 1-12.
- Seassau C., Debaeke P., Mestries E. et al. Evaluation of *P. macdonaldii* inoculation methods to reproduce sunflower premature ripening. *In: Plant Dis.*, 2010, 94(12), 1398-1404.
- Granke L.L., Hausbeck M.K. Effects of temperature, humidity, and wounding on development of *Phytophthora* rot of cucumber fruit. *In: Plant Dis.*, 2010, 94(12), 1417-1424.
- Debaeke P., Casadebaig P., Flenet F. et al. Sunflower crop and climate change: vulnerability, adaptation, and mitigation potential from case-studies in Europe. *In: OCL*, 2017, 24(1), 1-15.

27. Islam T.M., Toyota K. Effect of moisture conditions and pre-incubation at low temperature on bacterial wilt of tomato caused by *Ralstonia solanacearum*. In: Microbes Environ., 2004, 19(3), 244-247.
 28. Bidzinski P., Ballini E., Ducasse A. et al. Transcriptional basis of drought-induced susceptibility to the rice blast fungus *Magnaporthe oryzae*. In: Front. Plant Sci., 2016, 7, 1-13.
 29. Johansen T.J., Dees M.W., Hermansen A. High soil moisture reduces common scab caused by *Streptomyces turgidiscabies* and *Streptomyces europaeiscabiei* in potato. In: Acta Agric. Scand., Section B Soil Plant Sci., 2015, 65(3), 193-198.
 30. Kobayashi T., Ishiguro K., Nakajima T. et al. Effects of elevated atmospheric CO₂ concentration on the infection of rice blast and sheath blight. In: Phytopathology, 2006, 96(4), 425-431.
 31. Váry Z., Mullins E., McElwain J.C. et al. The severity of wheat diseases increases when plants and pathogens are acclimatized to elevated carbon dioxide. In: Glob. Chang. Biol., 2015, 21(7), 2661-2669.
 32. Eastburn D.M., Degennaro M.M., Delucia E.H. et al. Elevated atmospheric carbon dioxide and ozone alter soybean diseases at SoyFACE. In: Glob. Chang. Biol., 2010, 16(1), 320-330.
 33. Ma L., Qiao J., Kong X. et al. Effect of low temperature and wheat winter-hardiness on survival of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* under controlled conditions. In: PLOS One, 2015, 10(6), 1-17.
 34. Ritchie F., Bain R., McQuilken M. Survival of sclerotia of *Rhizoctonia solani* AG3PT and effect of soil-borne inoculum density on disease development on potato. In: J. Phytopathol., 2013, 161(3), 180-189.
 35. Fischer E.M., Knutti R. Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy-precipitation and high-temperature extremes. In: Nat. Clim. Chang., 2015, 5(6), 560-564.
 36. Jones L.M., Koehler A.K., Trnka M. et al. Climate change is predicted to alter the current pest status of *Globodera pallida* and *G. rostochiensis* in the United Kingdom. In: Glob. Chang. Biol., 2017, 23(11), 4497-4507.
 37. Mangrauthia S.K., Singh Shakya V.P., Jain R.K. et al. Ambient temperature perception in papaya for papaya ringspot virus interaction. In: Virus Genes, 2009, 38(3), 429-434.
 38. Shakya S.K., Goss E.M., Dufault N.S. et al. Potential effects of diurnal temperature oscillations on potato late blight with special reference to climate change. In: Phytopathology, 2015, 105(2), 230-238.
 39. Gulya T.J., Mathew F., Harveson R. et al. Diseases of Sunflower. In: McGovern R.J., Elmer W.H., eds. Handbook of Florists' Crops Diseases. Switzerland: Springer International Publishing: 2018, 1-49.
 40. Seiler G.J., Gulya T.J. Sunflower: overview. In: Wrigley C., Corke H., Seetharaman K., Faubion J., eds. Encyclopaedia of food grains. UK, Oxford: Elsevier: 2016, vol. 1, 247-253.
 41. Berzitis E.A., Minigan J.N., Hallett R.H. et al. Climate and host plant availability impact the future distribution of the bean leaf beetle (*Cerotoma trifurcata*). In: Glob. Chang. Biol., 2014, 20(9), 2778-2792.
 42. Martín-Sanz A., Rueda S., García-Carneros A.B. et al. *Cadophora malorum*: A new pathogen of sunflower causing wilting, yellowing, and leaf necrosis in Russia. In: Plant Dis., 2018a, 102(4), p. 823.
 43. Duca M., Clapco S., Martea R. et al. Lupoia: *Orobanche cumana* Wallr. Atlas. Univ. de Stat „Dimitrie Cantemir”. Chisinau: Î.E.P. Știința: 2019. 52 p.
 44. Martín-Sanz A., Rueda S., García-Carneros A.B. et al. *Cadophora malorum*, a new threat for sunflower production in Russia and Ukraine. In: Proc. of the International Symposium Sunflower and Climate Change, Toulouse, France, 2018b. p. 52.
 45. Jocić S., Miladinović D., Imerovski I. et al. Towards sustainable downy mildew resistance in sunflower. In: Helia, 2012, 35(56), 61-72.
 46. Bertero de Romano A.B., Vázquez A.N. A new race of *Verticillium dahliae* Kleb. In: Proc. of the 10th International Sunflower Conference, Surfers Paradise, Australia, 1982, 177-178.
 47. García-Ruiz R., García-Carneros A.B., Molinero L. A new race of *Verticillium dahliae* causing leaf mottle of sunflower in Europe. In: Plant Dis., 2014, 98(10), p. 1435.
 48. Gulya T.J., Tourvieille de Labrouhe D., Masirevic S. et al. Proposal for standardized nomenclature and identification of races of *Plasmopara halstedii* (sunflower downy mildew). In: Proc. of the Symposium on Sunflower Downy Mildew, Fargo, ND, USA, 1998, 130-136.
 49. Miller J.F., Gulya T.J. Inheritance of resistance to race 4 of downy mildew derived from interspecific crosses in sunflower. In: Crop Sci., 1991, 31(1), 40-43.
 50. Molinero-Ruiz M.L., Dominguez J., Melero-Vara J.M. Races of isolates of *Plasmopara halstedii* from Spain and studies on their virulence. In: Plant Dis., 2002, 86(7), 736-740.
 51. Duca M., Clapco S., Burcovschi I. et al. Factori de mediu asociați cu incidența patogenilor la cultura de floarea-soarelui. În: Studia Universitatis Moldaviae: Științe Reale și ale Naturii, 2021, 6(146), 66-74.
- NOTĂ.** Cercetările prezentate în lucrare au fost realizate în cadrul Proiectului 20.80009.5107.01 *Studii genetico-moleculare și biotehnologice ale florii-soarelui în contextul asigurării managementului durabil al ecosistemelor agricole.*