FORTIFICAREA PROTECȚIEI FITOSANITARE PENTRU REDUCEREA IMPACTULUI SCHIMBĂRILOR CLIMATICE

STRENGTHENING PHYTOSANITARY PROTECTION TO REDUCE THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE

Leonid VOLOSCIUC, ORCID: 0000-0002-7475-4310
Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor al USM,
Republica Moldova
Veronica JOSU, ORCID: 0009-0000-7706-8087
Ministerul Mediului al Republicii Moldova,
Republica Moldova

CZU: 632.9:551.583

e-maul: l.volosciuc@gmail.com
e-mail: vjosu@yahoo.com

The application of scenarios and models developed by different international scientific centers and experimentally approved (CSIRO Mk2, HadCM2 and ECHAM4) of climate change allows the development of surveys to determine the impact between crop plants and harmful organisms, which during the last two decades, have greatly exceed the initial scenarios, which creates especially gloomy forecasts. It becomes probable the penetration and selection of species and variations of pests and pathogens of diseases with a greater degree of damage, widening the area of spread, increasing the virulence and aggressiveness of the pathogen species, increasing the number of generations, which causes the loss of harvest and reduction of the productive potential of crops. In the strengthening of phytosanitary protection, the paradigm of plant health is promoted and the role of ecological agriculture and means of biological protection of plants determined.

Cuvinte-cheie: *Agricultura ecologică, biopesticide, ecologie, sănătatea plantelor, schimbări climatice.*

INTRODUCERE

Cursa contracronometru, în care se află omenirea datorită caracterului ireversibil al încălzirii globale, determină necesitatea elaborării și aplicării mijloacelor de diminuare a impactului schimbărilor climatice. Ținând cont de caracterul obiectiv al mecanismelor ce stau la baza fenomenului de schimbare a climei exprimat prin sporirea conținutului gazelor de seră și probabilitatea înaltă a responsabilității omului în favorizarea acestei tendințe, se realizează pronosticurile de creștere a temperaturii medii a Terrei și depășirea nivelului termic al planetei până în 2100 cu 0,3 - 4,8^{0}C [1].

Impactul considerabil al schimbărilor climatice asupra omului, componentelor biosferei și a acctivității economice, determină raționalitatea limitării indicilor climatici prin reducerea substanțială şi sustenabilă ale emisiilor de gaze cu efect de seră [2]. Chiar

dacă în unele sfere ale activității umane se presupune ameliorarea unor indicatori la creșterea temperaturii, totuși organismele dăunătoare se caracterizează cu un grad superior de competivitate și demonstrează un potenţial de evoluţie majorat faţă de plantele de cultură [3, 4]. Aceasta se referă atât la agenții patogeni ai bililor și dănători, cât și la buruieni. Întru stăvilirea dezvoltării epifitotive a agenţilor patogeni şi invasive a dăunătorilor au fost elaborate tehnologii de combatere chimică a lor, ceea ce a condiţionat fenomene de criză ecologică în agricultură.

Tendinţele schimbărilor globale ale climei impun efectuarea cercetărilor orientate la determinarea impactului dintre plantele de cultură şi organismele dăunătoare în noile condiţii [5].

MATERIAL ŞI METODĂ

Sporirea, în limitele gradului mare de adaptare a organismelor dăunătoare, a temperaturii şi umidităţii mediului, asigură creşterea nivelului de dezvoltare a organismelor dăunătoare, mărind astfel gradul de utilizare a substratului natural, adică a culturilor agricole. Dezvoltarea lor are loc în cadrul anumitor limite, în funcţie de specie [6]. Deosebit de important este pragul minimal, care este reprezentat de suma temperaturilor efective (>+10^{0}C). În dezvoltarea organismelor dăunătoare în dependenţă de nivelul termic pot fi evidenţiaţi următorii 3 indici principali:

- Pragul de dezvoltare, care se echivalează cu nivelul de acumulare a sumei temperaturilor efective;
- Viteza de dezvoltare exprimată în procente, indică la dependenţa regresională a gradului de dezvoltare a organismelor dăunătoare în funcţie de nivelul temperaturii:
- Perioada de dezvoltare reprezintă o hiperbolă a dependenţei perioadei de incubaţie şi ecloziune la insecte în funcţie de timpul biologic.

Utilizarea acestora şi a altor indici reprezintă o bază importantă, dar nu suficientă, pentru elaborarea modelelor de dezvoltare a organismelor dăunătoare în funcţie de schimbarea factorilor climatici [7].

REZULTATE ŞI DISCUŢII

Sporirea impactului organismelor dăunătoare la schimbarea climei

Schimbările climatice sunt determinate de mărirea concentraţiei gazelor de seră (CO_2, CH_4, oxizi de azot, vapori de apă), dintre care rolul principal revine bioxidului de carbon. Sporirea conţinutului de CO_2 cu 3,57% (Modelul CSIRO Mk2), 3,33% (HadCM2) şi 4,61% (ECHAM4) şi majorarea corespunzătoare a temperaturii vor prelungi considerabil durata perioadei de vegetaţie şi timpul biologic pe parcursul căruia ere loc dezvoltarea tuturor organismelor, inclusiv şi a celor dăunătoare. Deşi s-ar părea că prelungirea perioadei de vegetaţie va acţiona benefic asupra culturilor agricole, totuşi e necesar de accentuat, că această modificare va favoriza mai mult organismele dăunătoare [5].

Cercetarea comparativă a reacţiei plantelor de cultură şi a organismelor dăunătoare la sporirea temperaturii a demonstrate că gradul de utilizare (%) a îngrăşămintelor

minerale de către plantele de porumb (*Zea mais*) şi de către burieni (*Panicum capillare L.*) ne denotă că burienile se caracterizează cu un grad mai înalt de utilizare a îngrăşămintelor de azot decât plantele de cultură. Acest decalaj creşte o dată cu sporirea volumelor de îngrăşăminte utilizate. Prezenta legitate se păstrează şi în cazul aplicării altor îngrăşăminte, inclusiv a celor de fosfor şi caliu. Rezultatele experimentale ne-au permis de a concluziona, că schimbările probabile a climei în viitorii 100 de ani vor favoriza în primul rând buruienile şi vor fi în detrimentul dezvoltării culturilor agricole. Gradul redus de dezvoltare a plantelor de cultură va fi determinat atât de utilizarea mai eficientă a îngrăşămintelor minerale, şi, probabil, organice, cât şi de folosirea mai raţională a concentraţiilor sporite de CO_2 în procesele de fotosinteză şi acumulare a biomasei organice (Fig.1.1).

Deosebit de importante pentru conştientizarea prospecţiunilor probabile a impactului dintre organismele dăunătoare şi plantele de cultură sunt analizele vitezei de dezvoltare a organismelor în funcţie de temperatura medie a aerului. Compararea acestor indici la culturile pomicole (Mărul) şi agentul patogen principal care provoacă boala numită rapănul mărului (*Venturia inequalis*) este reprezentată pe fig.1.2. Este evidentă depăşirea vitezei de dezvoltare a patogenului în comparatie cu cea a plantei gazdă. Se poate aştepta o dezvoltare puternică a acestui patogen anume la fazele iniţiale de dezvoltare a pomilor. Aceasta este confirmat şi de deplasarea perioadei de dezvoltare a culturilor agricole spre primăvara devreme, când condiţiile de dezvoltare a patogenilor sunt mult mai favorabile, decât pentru planta gazdă.

Gradul de atac a organismelor dăunătoare este determinat în mare măsură de numărul de generaţii, care cauzează ravagii culturilor agricole. La multe specii acest indiciu poartă un caracter direct proporţional în funcţie de suma temperaturilor efective. Numărul de generaţii a organismelor dăunătoare (agenţi patogeni ai bolilor şi a dăunătorilor) va spori şi datorită măririi perioadei de vegetaţie cu aproximativ o lună în funcţie de modelul folosit. Analiza regresională dintre numărul de generaţii a Moliei verzei (*Plutella maculipennis* Curt) (Fig.1.3.) ne permite să stabilim cu un grad considerabil de încredere, că, dacă actualmente în condiţiile Republicii Moldova se dezvoltă 4-6 generaţii ale acestui dăunător, apoi spre sfârşitul secolului XXI devine probabilă dezvoltarea a 7-8 generaţii ale acestei insecte. Deosebit de concludentă devine această legitate în cazul dezvoltării insectelor din ordinul *Homoptera* şi *Hemiptera*, dependenţa cărora de nivelul temperaturii este direct proporţională.

În mod analogic a fost pronosticată starea fitosanitară peste anumite perioade de timp în ceea ce priveşte dezvoltarea agenţilor patogeni ai diferitor boli. Dependenţa dezvoltării lor în funcţie de valorile temperaturii şi umidităţii constituie o bază sigură pentru elaborarea concluziei, că organismele patogene vor spori cu mult gradul de parazitare datorită măririi vitezei de dezvoltare, sporirii densităţii populaţiilor, lărgirii arealului de răspândire şi majorării gradului de agresivitate şi virulenţă a lor.

Sporește impactul schimbării climei la succesiunea buruienilor în cadrul agroecosistemelor din Republica Moldovaıo Tendinţa de schimbare a speciilor tradiţionale

de buruieni cu alte specii cu un grad mai înalt de dăunare poate să capete un caracter permanent. E probabilă nu numai pătrunderea dar şi selecţia unor variaţii a speciilor de buruieni cu un grad sporit de dăunare.

Atât tendinţa de schimbare a climei, cât şi aflarea Republicii Moldova într-o zonă cu un fond sporit a radiaţiei radioactive vor condiţiona selectarea formelor şi subspeciilor noi de buruieni şi agenţi patogeni ai bolilor, care, conform observaţiilor multianuale, pot deveni mult mai rezistente la erbicide şi se caracterizează cu un grad sporit de concurenţă.

Aplicarea modelelor elaborate de către specialiştii climatologi, care demonstrează elocvent trecerea de la clima actuală uscată-subumedă la condiţiile climei semiaride, utilizarea rezultatelor analizelor înregistrate şi folosind pronosticarea prin analogie pe baza experienţei internaţionale din alte regiuni ale Terrei ne permit de a elabora prospecţiuni privind impactul dintre organismele dăunătoare şi plantele de cultură [3]. Dacă în anul 2000 organismele dăunătoare provocau pierderi de 1,0-1,3 mlrd lei aual, în anul 2020 acest indiciu a constituit 2,5 mlrd lei, apoi spre sfârşitul sec. XXI această cifră se va mări considerabil.

Avantajele Agriculturii Ecologice

Pe fundalul manifestării impactului ecologic și a schimbărilor climatice se înregistrează agravarea problemelor tehnologice de producere și protecție a plantelor, ceea ce determină necesitatea elaborării și implementării noilor abordări și tipuri de agricultură și demonstrarea efectele benefice ale agriculturii ecologice [8].

1. Agricultura ecologică sporeşte valoarea nutritivă a alimentelor. Studiile comparative ale compoziţiei chimice a produselor tradiţionale şi obţinute în tehnologiile agriculturii ecologice au demonstrat că pe parcursul ultimilor 50 de ani valoarea produselor agricole convenţionale a scăzut considerabil. La principalele specii de legume şi fructe s-a înregistrat reducerea cu 80% a vitaminei A, cu 57 % a vitaminei C, cu 50% a riboflavinei, cu 28 % a calciului. S-a demonstrat reducerea elementelor valoroase la principalele culturi agricole și s-a înregistrat apariţia valorii nutritive suplimentare, care constituie 20-60% în comparaţie cu compoziţia culturilor crescute în agricultura convenţională.

2. Procedeele tehnologice aplicate în agricultura ecologică în zonele cu umiditate insuficientă, sunt mai rentabile. Excluderea amendamentelor minerale şi aplicarea largă a fertilizanților organici contribuie la dezvoltarea mai abundentă a sistemului radicular şi la reducerea gradului de compactizare a solului.

3. Produsele ecologice sunt inofensive pentru om. Utilizarea îngrăşămintelor minerale şi a pesticidelor este legată de pătrunderea şi acumularea lor sau a metaboliţilor în sol, apă şi uneori în plantele agricole, ceea ce cauzează dereglări profunde în procesele fiziologo-biochimice a plantelor, din organismul omului şi a entităților utile. Deosebit de grave sunt urmările cauzate de formele nitrite ale azotului, iar unele pesticide posedă proprietăţi mutagene şi cancerigene.

4. Operațiile tehnologice ale agriculturii ecologice ameliorează mediul ambiant. Practica analizei comparative a tehnologiilor ecologice şi convenţionale demonstrează

că agricultura ecologică, spre deosebire de cea intensivă, nu afectează condiţiile de viaţă ale omului.

5. Agricultura ecologică contribuie la păstrerea biodiversităţii. La aplicarea tehnologiilor intensive s-au produs schimbări grave în diversitatea speciilor ce populau ecosistemele naturale. Mijloacele ecologice nu afectează condiţiile de viaţă a componenţilor biotei. Pe lângă diversificarea gamei de plante cultivate, agricultura ecologică mai contribuie şi la păstrarea speciilor din flora şi fauna spontană. Numărul speciilor de plante din flora spontană a depăşit de 2-3 ori numărul acestora din fermele convenţionale, frecvența speciilor de păsări depăşeşte cu 57 % numărul acestora în tehnologiile clasice şi cu 44 % se întâlnesc mai multe nevertebrate.

6. Agricultura ecologică acţionează benefic asupra solului. Tehnologiile ecologice contribuie în mare măsură la păstrarea structurii şi compoziţiei biologice a solului. Aceasta contribuie la menţinerea mai îndelungată a vegetaţiei, păstrarea umidităţii şi sporirea cu 85 % a numărului de microorganisme utile, inclusiv a azotfixatorilor liberi şi a microorganismelor simbiotice.

7. Produsele ecologice activează procesele de reproducere a animalelor domestice. Produsele ecologice contribuie în mare măsură la sporirea fertilităţii şi capacităţilor de reproducere a animalelor agricole. Productivitatea găinilor sporeşte cu 28-35%, iar iepurii şi animalele cornute mici asigură un număr mai mare de urmaşi.

8. Produsele ecologice soluţionează problemele cardiace şi stopează dezvoltarea tumorilor. S-a demonstrat că în legumele organice se conţine de 3-5 ori mai mult acid salicilic, care e sintetizat de către plante ca remediu la diferiţi factori stresogeni, îndeosebi pentru combaterea organismelor dăunătoare.

9. Agricultura ecologică reduce impactul negativ al schimbărilor climatice. Schimbarea climei, ca reultat a sporirii conţinutului gazelor de seră, îndeosebi a bioxidului de carbon. S-a demonstrat că gospodăriile ecologice fixează cu 20-50 % mai mult bioxid de carbon decât câmpurile obişnuite, reducând astfel cantităţile de acest gaz eliminat în atmosferă [9].

10. Agricultura ecologică poate satisface necesităţile alimentare ale populaţiei Terrei. Deşi mai bine de o treime din populaţia globului suferă de foame sau subnutriţie, totuşi, aceasta e mai mult o problemă socială, iar capacităţile Terrei permit satisfacerea necesităţilor alimentare ale populaţiei pe calea agriculturii ecologice. În multe regiuni ale lumii recoltele de pe sectoarele ecologice depăşesc sau nu sunt mai mici decât cele obţinute pe terenurile cu agricultura convenţională. E de amintit rezultatele experienţelor multianuale (150 de ani) de la Staţiunea de Cercetări din Rotamsted din Marea Britanie unde pe terenurile cu aplicarea fertilizanţilor chimici recolta de cereale constituie 3,4 tone/ha, iar în variantele cu aplicarea îngrăşămintelor organice – 3,45 t/ha.

11. Agricultura ecologică ameliorează calitatea mediului înconjurător ţi nu afectează condiţiile de viaţă ale omului. În agricultura convențională circa jumătate din consumul de energie și emisiile de CO_2 sunt obținute la fabricarea fertilizanților, iar emisiile acestui gaz în agricultura ecologică constituie doar 50 % din cele din agricultura

convențională. Producția biogazului reduce consumul de energie fosilă și a emisiilor de CO_2. Emisiile de N_2O cresc rapid în funcție de nivelul de fertilizare cu azot, fiind cu mult mai redus în agricultura ecologică. Fixarea biologică a azotului are un randament mult mai mare decât fertilizarea minerală sau organică. Emisiile gazelor de seră în agricultura ecologică sunt cu 20-80% mai mici decât în agricultura convențională. Volumul difuzat de CO_2 se deosebesc la fertilizarea cu diferite forme de azot: cu azot mineral – 15 kg CO_2 eq/kg N, cu azot organic - 9 kg CO_2 eq/kg N, cu azot biologic - 1-2 kg CO_2 eq/kg N.

De la combaterea organismelor dăunătoare spre aplicarea mecanismelor naturale și a mijloacelor ecologic inofensive de reglare a densităţii populațiilor de agenți fitosanitari.

Schimbările climatice şi activităţile omului au afectat ecosistemele, reducând biodiversitatea şi creând nişe noi pentru dezvoltarea necontrolată a organismelor dăunătoare. Extinderea activităților economice, călătoriile şi comerțul internațional s-au triplat în ultimele decenii, ceea c a accelerat răspândirea organismelor dăunătoare pe Terra, provocând pagube considerabile pentru plantele native şi mediu. Protejarea culturilor agricole este mult mai rentabilă decât intervenţiile de urgenţă, când plantele sunt în starea manifestării simptomelor și pierderilor economice. Dăunătorii și agenții patogeni ai bolilor sunt adesea imposibil de eradicat odată ce s-au instalat, iar gestionarea lor este costisitoare și necesită timp. Activitățile de prevenire sunt inevitabile pentru reducerea impactului devastator al dăunătorilor şi bolilor asupra agriculturii, mijloacelor de subzistenţă și a securităţii alimentare [5].

Drept consecință a poluării masive, ca rezultat al aplicării pesticidelor și agravării pericolului periclitării diversității biologice și problemelor ecologice, Organizația Națiunilor Unite pentru Alimentaţie şi Agricultură (FAO) a declarat anul 2020 “Anul Internaţional al Sănătății Plantelor”, prin care este determinată necesitatea prevenirii și atenuarea impactului schimbărilor climatice asupra sănătății plantelor, iar 12 mai a fost desemnată Ziua Internaţională a Sănătății Plantelor [10, 11].

Anume aceasta a determinat necesitatea abordării profunde a problemelor de protecţia plantelor orientate spre elaborarea metodelor alternative, nechimice, de combatere a organismelor dăunătoare şi deschiderea unei instituţii specializate în acest domeniu. E de menționat realizările recunoscute înregistrate pe parcursul cercetărilor în această perioadă: elaborarea procedeelor tehnologice de producere a 15 entomofagi, îndeosebi a celor aplicați în protecţia culturilor de seră; selectarea microorganismelor de perspectivă și elaborarea tehnologiilor de producere și aplicare a agenților microbiologici de combatere a organismelor dăunătoare şi omologarea pe baza lor a 16 preparate biologice; identificarea şi sinteza feromonilor sexuali ai 18 specii de insecte dăunătoare şi elaborarea schemelor de sinteză originală a feromonilor la 72 de specii şi procedeelor tehnologice de producere și utilizare a lor pentru monitorizarea, capturarea în masă, sterilizarea și dezorientarea insectelor dăunătoare [5].

Soluționarea problemelor fitosanitare și de mediu poate deveni realitate doar la abordarea și aplicarea mecanismelor naturale, utilizate în sistemele de agricultura eco-

logică și regenerativă. Drept urmare, devine posibilă elaborarea sistemelor intensive de agricultură, care, grație efectelor managementului asupra protecției solului şi culturilor agricole, stau la baza înțelegerii posibilelor legături dintre sănătatea solului, plantelor și omului și reprezintă cheia îmbunătățirii calității și siguranței alimentelor cultivate în toate sistemele agricole.

Pentru asigurarea eficacității biologice a mijloacelor ecologic inofensive de reducere a impactului organismelor dăunătoare am reușit demonstrarea rolului şi eficienţei metodelor biologice de protecție a plantelor și a fenomenelor sinergice la compararea eficacității biologice a elementelor constituente ale sistemului agricol, precum și a acțiunii concomitente a lor. Rezultate convingătoare au fost înregistrate la utilizarea principiilor şi tehnicilor moderne în investigarea randamentului acțiunii preparatelor biologice propuse pentru elaborarea conceptului de sinergism orientat la sporirea eficacității factorilor propuși pentu sistemele de agricultură convențională și ecologică, stabilind contribuţia fiecărui element în parte [12].

Biotehnologia, ca știință și practică, a realizat și a ajuns în multe domenii practice, cum sunt bunăoară sănătatea umană, agricultură și ameliorarea condițiilor mediului înconjurător. Unele realizări semnificative, cum este agricultura ecologică și regenerativă, editarea genelor, promite să revoluționeze, sănătatea publică, agricultura, controlul organismelor dăunătoare, ameliorarea culturilor, elaborarea tehnologiilor pentru diverse procedee tehnologice de obținere a produselor și materialelor [13, 14].

Tehnologiile de editare a genomului dețin promisiunea de îmbunătățire a culturilor și a animalelor și chiar de vindecare a pacienților de boli care au fost și mai rămân până acum incurabile. Din gama metodelor molecular biologice, metodologia CRISPR-Cas9, ca platformă de editare a genomului, s-a dovedit a fi flexibilă pentru specii, are un potențial mare de aplicare [15]. Deoarece tehnologia nu lasă semne de transgeneză, plantele generate de editarea genomului nu sunt considerate OMG-uri și nu provoacă discuții și provocări politice și sociale care deocamdată mai însoțesc biotehnologiile agricole [16, 17]. Deși editarea genomului este relativ mai ieftină și mai simplă la implementare, totuși această tehnologie mai are unele dezavantaje, înregistrate ca efecte la obiectele neținţă, precum și lipsa informației privind impactul pe termen lung al acestei tehnologii pe parcursul mai multor generații [18, 19].

Astfel, agravarea stării fitosanitare a culturilor agricole și aprofundarea fenomenelor și manifestărilor crizei ecologice legate de aplicarea pesticidelor, precum și inițiativele de reducere a riscurilor iminente pe fundalul înregistrării și aplicării realizărilor biotehnologice moderne, îndeosebi a celor bazate pe metodologiile molecular biologice, reprezintă un masiv enorm de realizări și probleme, care necesită a fi discutate în vederea transferului de la combaterea organismelor dăunătoare spre aplicarea mecanismelor naturale și a mijloacelor ecologic inofensive de reglare a densității populațiilor de agenți fitosanitari.

CONCLUZII

1. Coevoluţia îndelungată a plantelor de cultură şi a organismelor dăunătoare a favorizat sporirea competivităţii organismelor dăunătoare, care se manifestă prin prezenţa indicilor superiori ai acestora atât în condiţiile optimizării, cât şi înrăutăţirii factorilor, ce determină funcţonarea normală a lor. Aceasta a determinat necesitatea schimbării paradigmei protecșiei plantelor în “Sănătatea Plantelor” orientate la prevenirea și atenuarea impactului schimbărilor climatice asupra culturilor agricole.

2. Scenariile schimbării climei în viitorii 90-100 de ani şi aplicarea modelelor și pronosticurilor privind dezvoltarea organismelor dăunătoare şi a plantelor de cultură ne demonstrează, că agenţii patogeni ai bolilor, dăunătorii şi buruienile, posedând un potenţial superior de adaptabilitate, vor domina dezvoltarea culturilor agricole şi vor cauza pierderi crescânde ale recoltelor.

3. Schimbarea climei de la starea actuală uscată-subumedă la clima semiaridă va condiţiona sporirea vitezei de dezvoltare, a numărul de generații şi a gradului de utilizare a factorilor mediului înconjurător, precum şi a gradului de dăunare a organismelor dăunătoare.

4. Au fost evidenţiate 7 direcţii probabile în pronosticarea impactului dintre plantele de cultură şi organismele dăunătoare, ceea ce demonstreaza diminuarea considerabila a potenţialului culturilor agricole.

5. Reducerea vulnerabilităţii ecosistemelor naturale şi a celor antropizate şi sporirea adaptabilităţii ecestora necesită elaborarea sistemelor ecologic inofensive de protecţie a plantelor.

6. Realizările semnificative înregistrate în agricultura ecologică și regenerativă, biotehnologiile agricole, editarea genelor, promit să revoluționeze, sănătatea publică, agricultura, controlul organismelor dăunătoare, ameliorarea culturilor, elaborarea tehnologiilor pentru diverse procedee tehnologice de obținere a produselor și materialelor.

Referințe:

1. Shaping the agriculture of the future. FIBL Activity report 2019-2020. 2021. 39 p.
2. Hoffman W. Ecosystems, Food Crops, and Bioscience: A Symbiosis for the Anthropocene. Asian Biotechnology and Development Review Vol. 18 No. 1, 2016. p. 39-68.
3. Singh B. K., Delgado-Baquerizo M., Egidi E., Guirado E., Leach J. E., Liu H., Trivedi P. Climate change impacts on plant pathogens, food security and paths forward. Nature Reviews Microbiology. 2013. https://doi.org/10.1038/s41579-023-00900-7.
4. IPPC Secretariat. 2021. Scientific review of the impact of climate change on plant pests – A global challenge to prevent and mitigate plant pest risks in agriculture, forestry and ecosystems. Rome. FAO on behalf of the IPPC Secretariat. https://doi.org/10.4060/cb4769en.

5. Voloşciuc L. Organic Farming: theoretical aspects and practical valences. Chisinau. Central Printing House (in Romanian). 2021. 288 p.
6. Popescu Lavinia, Safta Adela Soprinela. Reorientation of Methods Applied to Plant Protection as an Effect of Climate Change Biol. Life Sci. Forum 2021, 4(1), 48; https://doi.org/10.3390/IECPS2020-08650.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта // М., Агропромиздат, 1989, 313 с.
8. Willer Helga. The adventure of collecting data on organic agriculture worldwide. The World of Organic Agriculture. BIOFACH Congress. Nuremberg, 2019. 32 p.
9. EPRS. The future of crop Protection in Europe. Bruxeles. 2021. p.1-91. ISBN 978-92-846-7686-6. doi:10.2861/42461. QA-02-21-006-EN-N.
10. Protecting plants, protecting life. International Year of Plant Health. Final report. Rome. 2021. 64 p.
11. Plant Health Working Group Healthy plants for sustainable production. European Plant Science Organization. Brussels, 2023. p. 1-9.
12. Frische T., Egerer S., Matezki S., Pickl Ch. and Wogram Jö. 5-Point programme for sustainable plant protection. Environ Sci Eur (2018) 30:8. https://doi.org/10.1186/s12302-018-0136-2
13. Collinge, D.B., Jensen, D.F., Rabiey, M., Sarrocco, S., Shaw, M.W. and Shaw, R.H. Biological control of plant diseases – What has been achieved and what is the direction? Plant Pathology, 2022. 71. p. 1024-1047.
14. Regenerative Agriculture: What's Missing? What Do We Still Need to Know? edit. by Dent, D., Boincean B. Springer. 2021. 355 p.
15. Doudna J.A., Charpentier E. Genome editing. The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. Science, 2014. 346: 1258096.
16. Voloşciuc L. The role and place of GMOs in solving phytosanitary problems. Academos. 1/2020. p.33-38.
17. Megha K., Kaur G. S. Ecological impact of genetically modified crops. Res. J. of Recent Sci., 2013, 2, pp. 1-4.
18. Rizzo D. M., Lichtveld M., Mazet J. A. K., Togami E. and Miller S. A. Plant health and its effects on food safety and security in a One Health framework: four case studies. Rizzo et al. One Health Outlook (2021) 3:6. p.1 1-9. https://doi.org/10.1186/s42522-021-00038-7.
19. Trivedi, P., Leach, J.E., Tringe, S.G., Sa, T., and Singh, B.K. Plant–microbiome interactions: from community assembly to plant health. Nat. Rev. Microbiol. 2020. 18. p. 607–621.

Mulțumiri: *Cercetările au fost efectuate cu susținerea financiară a Proiectului PS 20.80009.7007.16 „Sinergismul dintre factorii naturali şi mijloacele microbiologice, ecologic inofensive, de reglare a densității populațiilor de organisme dăunătoare pentru protecţia culturilor agricole în agricultura convențională şi ecologică", finanțat de ANCD.*