

BENEFICIILE FENOMENELOR SINERGICE ÎN PROTECȚIA PLANTELOR CU APLICAREA PREPARATELOR BIOLOGICE

Voloșciuc Leonid*, Șcerbacova Tatiana, Stîngaci Aurelia, Pînzaru Boris, Samoiloa Anna,
Harcuic Oleg, Zavtoni Pantelimon, Lungu Aandrei, Crucean Ștefan,
Curiev Loredana, Chistol Marela

Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, USM, Chișinău, Republica Moldova
<https://orcid.org/0000-0002-7475-4310>, e-mail: leonid.volosciuc@usm.md

Summary. The biological protection of plants through various ecological approaches, the significant diversity of the means used (entomophagous organisms, biological preparations, biologically active substances) and their high biological and economic effectiveness, managed to attract substantial attention and gained a high degree of recognition both among the specialists of highly qualified, as well as agricultural producers, regardless of the form of ownership. The effectiveness of applied biological approaches and methods is also increased against the background of the increasing impact of pesticide media and the need to solve ecological problems. On the path to increasing economic efficiency, we have established the benefits of the simultaneous use of two or more biological means.

Keywords: Biological preparations, Ecology, Ecological agriculture, Plant protection, Synergism.

Introducere

Pornind de la ritmul exponențial al evoluției populației globale și perspectivele atingerii a 9,2 miliarde de persoane în 2050, actualmente omenirea prin centrele științifice recunoscute abordează și se află pe calea soluționării problemelor ecologice dificile din agricultură și asigurarea securității alimentare și siguranței alimentelor [1], argumentând în acest sens implementarea largă a protecției biologice a plantelor în agricultura convențională și noile tipuri de agricultură [2].

În eforturile de reducere a dependențelor de practici nesustenabile și potențial dăunătoare, controlul biologic a fost formulat ca un sistem de protecție a plantelor, în care utilizarea pesticidelor sintetice este înlocuită cu utilizarea mijloacelor ecologic inofensive reglare a densității populațiilor de organisme dăunătoare [3, 4]. Abordarea a fost adoptată la nivel mondial și multe studii au evidențiat eficacitatea acestora împotriva diferiților dăunători în diferite climate de pe glob [5, 6]. Deși au fost înregistrate rezultate semnificative în protecția biologică a plantelor, totuși combaterea chimică rămâne cel mai frecvent aplicată în obținerea producției fitotehnice [7].

Practica utilizării doar a unei metode de control biologic, deși înregistrează rezultate în combaterea unui organism dăunător și rămâne abordarea cea mai studiată, totuși, pornind de la diversitatea mare atât a agenților fitosanitari, cât și a entităților biologice din componența agroecosistemelor, determină necesitatea aplicării simultane a diferitelor metode, care dispun de un potențial mai mare pentru combaterea agenților de dăunare [8]. Anvergura redusă a studiilor bazate pe integrarea diferitor metode de protecție biologică este determinat de complexitatea analizei și numărul mare a factorilor naturali de influență. Cele mai frecvente studii sunt orientate la utilizarea complexă a diferitor organisme utile, îndeosebi aplicarea a doi agenți de control biologic diferiți concomitent [9] sau a agenților microbiologici concomitent cu diferiți factori abiotici naturali. Majoritatea studiilor au constatat că o abordare combinată îmbunătățește eficacitatea combaterii organismelor dăunătoare, ceea ce deschide capacități potențiale de completare a pârgurilor eficiente de reglare a densității populațiilor de organisme dăunătoare și demonstrează necesitatea stabilirii și utilizării beneficiilor fenomenelor sinergice în protecția plantelor cu aplicarea mijloacelor ecologic inofensive.

Materiale și metode

Pe calea înregistrării și analizei rezultatelor eficiente de reglare a densității populațiilor de organisme dăunătoare mijloacelor au fost aplicate diverse abordări, inclusiv a doctrinelor aplicate în diferite științe. Dintre acestea rezultate semnificative au fost înregistrate la aplicarea holismului, și sinergiei. Holismul, ca doctrina integrității lumii, abordează toate elementele sale, natura vie și neînsuflețită, ca părți conectate într-un singur sistem mare – Universul. Sinergia reprezintă o acțiune comună pentru atingerea unui obiectiv comun, bazată pe principiul că întregul este mai mult decât suma părților sale, iar rezultatul total depășește suma factorilor săi constitutivi. Sinergetica, ca teorie a sistemelor complexe este o ramură interdisciplinară a științei care studiază modelele generale ale fenomenelor și proceselor în sisteme complexe de non-echilibru (fizice, chimice, biologice, ecologice) pe baza principiilor lor inerente de auto-organizare [10].

Identificarea și determinarea particularităților biologice a fost efectuată în conformitate cu indicațiile metodice de cercetare a grupelor principale de microorganisme, care au stat la baza preparatelor omologate [11]. Determinarea activității biologice în condiții de laborator și de producere a fost efectuată conform metodelor descrise de către organele decizionale [12]. Testarea în condiții de laborator și în câmpul de experiență a fost efectuată în 4 repetiții, randomizate respectiv, în conformitate cu cerințele generale ale experiențelor de acest gen [13].

Rezultate și discuții

Relațiile dintre diferite entități ai virusurilor entomopatogene

În condițiile naturale insectele fitofage sunt atacate cel mai frecvent cu diverse infecții mixte, constituite din doi sau mai mulți agenți entomopatogeni. Cel mai frecvent acestea sunt constituite din diverse entități ale virusurilor entomopatogene, îndeosebi ai virusului poliedrozei nucleare (VPN) cu virusul granulozei, dar și VPN cu virusul poliedrozei citoplasmatică. Cercetările electronomicroscopice au demonstrat că aplicarea cu succes a insecticidelor baculovirale poate fi asigurată doar la cunoașterea profundă a stării populațiilor de insecte și a prezenței agenților de natură virală în componența lor, ceea ce a determinat necesitatea cunoașterii nu numai a prezenței virusurilor entomopatogene, ci și acțiunea tipului patogenului, relațiilor dintre agenții entomopatogeni și ecologici, care determină declanșarea epizootiilor artificiale și asigură un anumit nivel al eficienței biologice și economice în aplicarea baculovirusurilor (figura).

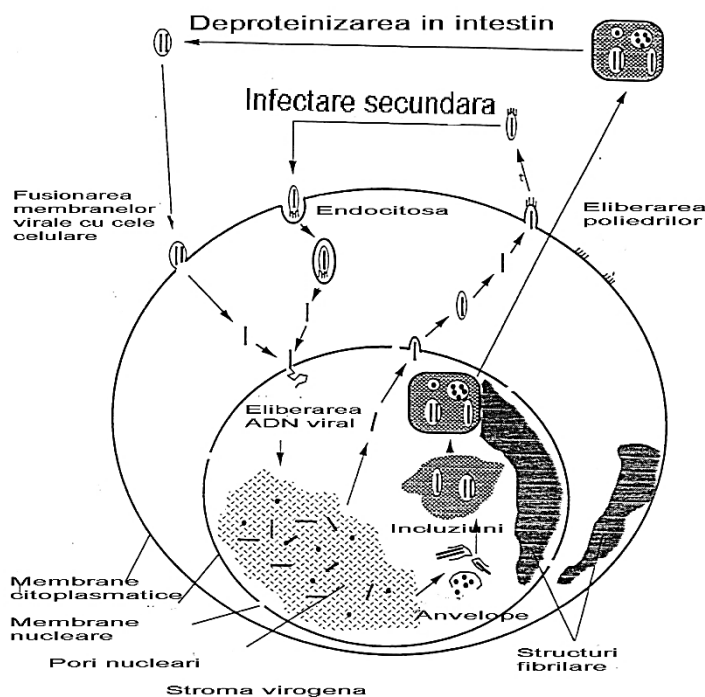


Figura 1. Schema ciclului de reproducere a VPN în celula insectelor lepidoptere

Investigațiile profunde a relațiilor dintre diferite tipuri de virusuri au demonstrat prezența a mai multor tipuri de interacțiune. La infectarea insectelor cu virusuri ce conțin același tip de acid nucleic se înregistrează fenomenul de sinergism, care se manifestă prin sporirea puternică a efectelor biologice în cadrul infecțiilor mixte. În același mod a fost demonstrat și efectul de interferență, care se manifestă prin reducerea eficienței biologice în cadrul infecțiilor virale mixte.

Asigurarea eficienței biologice și economice în folosirea insecticidelor baculovirotice în mare măsură depinde de gradul elaborării tehnologiilor de aplicare a lor. Deși această constatare pare axiomatică, totuși timp îndelungat se considera că preparatele virale pot fi aplicate în conformitate cu tehnologiile de aplicare a pesticidelor. Au fost determinate cerințele principale în elaborarea formelor preparative de insecticide baculovirotice, regulile de pregătire a suspensiilor de lucru, termenele optime de efectuare a tratamentelor și posibilitatea amestecării lor în scopul formării preparatelor mixte. Un rol aparte revine acțiunii factorilor mediului și determinării condițiilor optime de aplicare a preparatelor virale. Deși în aplicarea insecticidelor baculovirotice au fost efectuate numeroase investigații, ce au permis determinarea cerințelor principale pentru utilizarea rațională a lor în combaterea insectelor dăunătoare, totuși în acest domeniu mai persistă un șir de probleme, ce țin de determinarea rolului și locului preparatelor virale în sistemele de protecție integrată a plantelor. Aceasta devine și mai actual în condițiile absenței fundamentării teoretice a acestor sisteme.

Aplicarea metodei electronomicroscopice ne-a permis stabilirea gamei infecțiilor entomopatogene virale și a tipului genomului patogenilor, ceea ce sporește posibilitatea dirijării procesului patogen în vederea sporirii eficienței virusurilor folosite în protecția microbiologică a plantelor. Constituirea bazei informaționale privind diversitatea virusurilor entomopatogene a 19 specii de insecte dăunătoare servește în calitate de suport teoretic și practic la aplicarea în sporirea eficacității biologice prin manifestarea efectelor sinergice și excluderea interferenței la aplicarea infecțiilor mixte [14].

Atingerea productivității agricole sporite poate fi realizată la aplicarea potențialului și creșterea randamentului culturilor agricole, precum și evitarea impactului organismelor dăunătoare prin aplicarea mijloacelor ecologic inofensive [11]. Implementarea preparatelor microbiologice asigură combaterea nu numai a insectelor dăunătoare, ci și a agenților patogeni, care nu pot fi controlate eficient cu alte mijloace de protecție biologică [12].

Deosebit de importantă este elaborarea preparatelor destinate pentru combaterea agenților patogeni ai bolilor și nematozilor fitopatogeni. În acest sens au fost elaborate diverse preparate constituite în bază de bacterii și ciuperci antagoniste, asigurând un nivel înalt al eficacității biologice [7, 10]. Actualmente se înregistrează rezultate remarcabile în vederea elaborării și omologării în baza baculovirusurilor, a unor actinomicete și cianobacterii [1].

Investigarea fenomenelor sinergice – direcție de sporire a rezultatelor privind eficacitatea mijloacelor de protecție biologică a plantelor

Funcționalitatea ecosistemelor naturale și a agroecosistemelor este asigurată de relațiile existente între speciile care le constituie și interacțiunile acestora cu factorii abiotici în cadrul populațiilor, ca verigi a lanțului trofic. Esența funcționării agroecosistemelor constă în antrenarea energiei solare și a substanțelor nutritive în circuitul biologic al elementelor, asigurând funcția energetică, de circulație a materiei și de autoreglare [11]. Organismele utile prin participarea în diverse relații complexe cu plantele de cultură și organismele dăunătoare, contribuind la menținerea echilibrului dinamic al stării fitosanitare, ceea ce constituie fundamentul protecției biologice a plantelor și baza sistemelor de agricultură durabilă și ecologică.

Sinergismul reprezintă fenomenul de intensificare a acțiunilor care se exercită în același sens, precum și crearea unui întreg care este mai mare decât suma simplă a părților sale. Conceptul de sinergetică reprezintă modalitatea de a scoate în evidență necesitatea unei abordări sistematice la soluționarea diferitor probleme, îndeosebi ecologice, bazat pe investigații științifice cu caracter trans disciplinar. Sinergia semnifică asocierea mai multor elemente pentru îndeplinirea unei funcții unitare sau scop comun [15].

Gestionarea dăunătorilor orientată la reducerea densității populațiilor organismelor dăunătoare cu participarea diferitor organisme utile și factori naturali. Rezultatele înregistrate confirmă ipoteza de lucru privind includerea mai multor metode diferite de soluții naturale, care contribuie la sporirea eficacității biologice, depășind rezultatele obținute la aplicarea unui singur mijloc de combatere. În scopul înregistrării efecte sinergice au fost utilizate abordări experimentale orientate la utilizarea simultană și aplicarea comună a factorilor în schemele propuse pentru combatere. Aplicarea mixtă a preparatelor biologice de natură diferită – micotică (*Trichodermin*) și bacteriană (*Rizoplan*) în combaterea agenților patogeni ai bolilor principale a culturii mărului, precum și a bacteriilor (*Bacillus thuringiensis*) și ciupercilor microscopice entomopatogene (*Lecanicilium lecani*) constituie o bază consistentă de încorporare a agenților biologici de gestionare a dăunătorilor la culturile legumicole în spațiu protejat, ceea ce depășește rezultatele înregistrate la aplicarea unui singur agent [16].

Implementarea pârghiilor sinergice și a practicilor stricte a noilor tipuri de agricultură (conservativă, regenerativă, ecologică) sporesc sustenabilitatea agroecosistemelor, deoarece reduc frecvența practicilor agricole să extindă aplicarea mijloacelor ecologic inofensive, sporind beneficiile funcționării întregului ecosistem, ceea ce reprezintă o cale sigură de sporire a gradului de sănătate a plantelor [17].

Aplicarea mijloacelor de control biologic a culturilor cerealiere, pomicole, legumicole și viței de vie activează și valorifică capacitățile potențiale a proceselor de reglare naturală a densității populațiilor de organisme dăunătoare. Elaborarea complexelor de mijloace ecologic inofensiv și factorilor naturali a stat la baza sporirii eficienței biologice și economice în comparație cu aplicarea unui singur mijloc. Analiza comparativă a diversității manifestării fenomenelor sinergice reprezintă un fundament sigur de modificare a activităților sistemelor agricole orientate la sporirea independenței față de agenții fitosanitari și fortificarea considerabilă a activităților agricole și a serviciilor ecosistemice, care, bineînțeles, contribuie la sporirea rentabilității activităților agricole și soluționării problemelor ecologice [18].

Pornind de la gravitatea problemelor determinate de sporirea impactului organismelor dăunătoare pe fundalul schimbărilor climatice și necesitățile implementării mijloacelor ecologic inofensive efective, ținem să menționăm că controlul biologic a inițiat și catalizat fenomene naturale, dar și analize holistice, promovând dovezi palpabile atât în rândul specialiștilor, cât și printre operatorii agricoli. Pentru sporirea eficienței biologice și economice devine necesară extinderea gamei mijloacelor biologice de protecție.

Perspectivile elaborării și aplicării preparatelor biologice complexe

Preparatele biologice – ca mijloace constituite în baza microorganismelor ce manifestă fenomene benefice în relațiile cu agenții fitosanitari ai plantelor de cultură și elemente de reglare a densității populațiilor de organisme dăunătoare sunt constituite din celule vii cu proprietăți utile, precum și produsele activității lor metabolice care sunt fie în lichidul cultural sau adsorbit pe suporturi neutre, care înregistrează succese evidente în concurența cu microflora autohtonă și captează nișe ecologice în zona rizosferică [1].

Crearea complexelor microbiene din agroceenoze cu participarea microorganismelor utile contribuie la îmbogățirea solului, ceea ce reprezintă interes științific și practic deosebit. În baza acțiunii polivalente microorganismele sintetizează substanțe biologice compatibile cu mecanismele fiziologo-biochimice, care stau la baza eficacității biologice în diferite condiții agroclimatice. Compoziția unui astfel de complex polifuncțional poate include microorganisme simbiotice sau asociații de microorganisme utile din zona rizosferică, comunitatea cărora influențează planta gazdă mai puternic decât expresia factorilor abiotici de mediu [19].

Crearea de produse biologice integrate include manifestarea simultană a proprietăților de biofertilizanti, fungicide, insecticide, ceea ce face posibilă soluționarea multor probleme de protecție biologică a plantelor și sporirea calității produsului final, precum și sporirea fertilității solului. Astfel are loc reducerea sau excluderea utilizării fertilizanților și pesticidelor, scăzând astfel factorii ce cauzează procesele de oboseală a solului. Cel mai frecvent pentru crearea

consorțiilor bacterie se utilizează diverse microorganisme din familia *Rhizobiaceae*, precum și reprezentanți ai genurilor *Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Azospirillum*. La alegerea culturilor care constituie bază preparatelor complexe se aplică tulpini, care emană substanțe biologic active, stopează dezvoltarea agenților fitopatogeni și stimulează dezvoltarea plantelor. Aceste microorganisme posedă capacitatea de colonizare a elementelor sistemului radicular al plantelor, precum și capacitatea de a coexista în rizosfera lor [20].

Efectele pozitive ale relațiilor din cadrul rizosferelor bacteriene rezidă în favorizarea creșterii plantelor la colonizarea cu succes de bacteriile rizosferice sau filosferice. Cel mai important factor care influențează colonizarea elementelor sistemului radicular sunt bacteriile din genul *Pseudomonas*, care în calitate de factor de adeziune la suprafețele radiculare prin manifestarea chimiotaxisul rizobacterian prin eliminarea exsudatelor radiculare și reproducerea intensă a bacteriilor.

Tulpinile de microorganisme aplicate în tehnologiile de producere a preparatelor biologice orientate la suprimarea dezvoltării agenților patogeni sau artropodelor dăunătoare stopează creșterea și dezvoltarea agenților fitosanitari, formând una sau mai multe substanțe cu proprietăți antibiotice. În mod natural în populațiile de fitopatogeni sunt deseori prezente celule rezistente, îndeosebi după reprocesarea multiplă a microorganismelor utile și aplicarea lor în procedeele de protecție biologică în cadrul aceluiași agroecosistem, ceea ce atenționează necesitatea aplicării eforturilor de alternare a produselor microbiologice cu mijloace biologice cu alte mecanisme de acțiune sau ingrediente active.

Condițiile mediului înconjurător exercită un efect semnificativ asupra compoziției microbiene în comunitățile din ecosistemele tratate. Este evident că aceasta depinde de specificitatea reacției diferitelor soiuri și specii de plante protejate, precum și respectarea condițiilor de întreținere a lor. În condiții stresogene devine necesară aplicarea mijloacelor microbiologice în calitate de factor în controlul stresului culturilor agricole. Astfel aplicarea protecției biologice a plantelor bazată pe mijloacele biotehnologie eficiente reprezintă o ofertă strategică alternativă de reglare ecologică a densității populațiilor de organisme dăunătoare prin aplicarea mecanismelor de constituire și aplicare a rezultatelor fenomenului de sinergism pentru aplicarea în sistemele de agricultură convențională și ecologică.

Concluzii

Impactul sporit al organismelor dăunătoare pe fundalul schimbărilor climatice determină necesitatea mijloacelor ecologic inofensive eficiente de păstrare a statutului înalt de sănătate a plantelor, care poate fi atinsă prin aplicarea unei game impresionante de metode de protecție a plantelor. Diferența dintre beneficiile teoretice și eficiența în combaterea organismelor dăunătoare în condiții de producere evidențiază importanța abordărilor holistice care, pe lângă indicatorii rentabilității culturilor agricole, urmăresc starea de dezvoltare a ecosistemului, ceea ce determină necesitatea concentrării asupra investigării serviciilor ecosistemice.

Protecția biologică a plantelor prin varii abordări ecologice, diversitatea semnificativă a mijloacelor de protecție a plantelor (organisme entomofage, preparate biologice, substanțe biologic active) și eficacitatea lor biologică și economică înaltă, a reușit să atragă atenție substanțială a căpătat un grad de recunoaștere înaltă atât printre specialiștii de înaltă calificare, cât și producătorii agricoli, indiferent de forma de proprietate.

Eficacitatea abordărilor și metodelor biologice aplicate este spoită și pe fundalul creșterii impactului presei pesticide și necesitatea soluționării problemelor ecologice. Pe calea sporirii eficienței economice am reușit să stabilim beneficiile utilizării simultane a două sau mai multor mijloace biologice, înregistrând manifestarea fenomenelor sinergice la aplicarea mixtă a preparatelor biologice de origine bacteriană și micotică, precum și a diferitor factori naturali. Această demonstrează nu numai posibilitatea utilizării beneficiilor aplicării concomitente a două sau mai multe mijloace și perspectivelor managementului holistic în protecția plantelor, precum și recunoașterea necesității aprofundării și extinderii ariei cercetărilor suplimentare.

Notă. Cercetările au fost realizate în cadrul Subprogramului 011103 „*Elaborarea mijloacelor ecologic inofensive de reducere a impactului organismelor dăunătoare ale culturilor agricole pe fundalul schimbărilor climatice*”, finanțat de Ministerul Educației și Cercetării al RM.

Referințe bibliografice

1. Voloșciuc, L. Agricultura ecologică: aspecte teoretice și valențe practice. Chisinau. MEC, Combinatul poligrafic central. 2021. 288 p. ISBN 978-9975-62-451-0.
2. Voloșciuc, J.I.T. Combaterea Integrată a Organismelor Dăunătoare (Ghid). Chișinău. Federația agricultorilor din Moldova. 2018. 65 p.
3. Voloșciuc, L. Plant health progress for boosting food security. Phytosanitary safety. 2023. Issue 69. p. 374-386. DOI: <https://doi.org/10.36495/PHSS.2023.69.374-386>.
4. Boincean, B., Voloșciuc, L., Rurac, M., Hurmuzachi, Iu., Baltag, G. Agricultura conservativă. Manual pentru producători agricoli și formatori. Chișinău. IFAD. 2020. 270 p.
5. Stiling, P., Cornelissen, T. What makes a successful biocontrol agent? A meta-analysis of biological control agent performance. Biol. Control 2005, 34, p. 236-246.
6. Vasconcelos, S., Jonsson, M., Heleno, R., Moreira, F., Beja, P. A meta-analysis of biocontrol potential and herbivore pressure in olive crops: Does integrated pest management make a difference? Basic Appl. Ecol. 2022, 63, p. 115-124.
7. Voloșciuc, J.I.T. Producerea culturilor cerealiere și leguminoase pentru boabe în sistem ecologic. Chișinău. IGFP. 2019. 92 p.
8. Roy, H.E., Pell, J.K. Interactions Between Entomopathogenic Fungi and Other Natural Enemies: Implications for Biological Control. Biocontrol Sci. Technol. 2010, 10, p. 737-752.
9. Spescha, A., Zwysig, M., Hermida, M.H., Moix, A., Bruno, P., Enkerli, J., Campos-Herrera, R., Grabenweger, G., Maurhofer, M. When Competitors Join Forces: Consortia of Entomopathogenic Microorganisms Increase Killing Speed and Mortality in Leaf and Root-Feeding Insect Hosts. Microb. Ecol. 2023, 86, p. 1947-1960.
10. Voloșciuc, L. Sănătatea plantelor – platformă de fortificare a activităților în domeniul fitosanitar. Simpozionul științific internațional “protecția plantelor – realizări și perspective”, Chișinău, 2-3 octombrie 2023. În Buletinul Informațional EPRS/IOBC, ediția 58. p. 526-538. <https://doi.org/10.53040/ppap2023.78> ISBN 978-9975-62-563-0.
11. Voloșciuc, L. The role of synergic phenomena in the elaboration of polyfunctional biopesticides. In the International research conference “Biological method of plant protection: Achievements and Prospects”. Odessa, 3-7 October, 2022. p. 84-89.
12. Voloșciuc, L., Șcerbacova, T., Pinzaru, B., Stîngaci, A., Zavtoni, P., Lungu, A., Crucean, Ș. Reomologarea preparatelor biologice - cale sigură de soluționare a problemelor de protecție a plantelor pentru agricultura convențională și ecologică. În: Simpozionul Științific Internațional “Protecția Plantelor – Realizări și Perspective”. Buletin Informațional EPRS/IOBC, Ediția 58. IGFP, 2-3 octombrie 2023, Chișinău, Republica Moldova. p. 229-237. ISBN 978-9975-62-563-0. <http://doi.org/10.53040/ppap2023.34>.
13. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта // М., Агропромиздат, 1989, 313 с.
14. Чухрий, М.Г. Биология бакуловирусов и вирусов цитоплазматического полиэдроza. Кишинев, Штиинца, 1988, 240 с.
15. Regenerative Agriculture: What's Missing? What Do We Still Need to Know? edit. by Dent, D., Boincean B. Springer. 2021. 355 p.
16. Trifan, D., Toaders, G., Enea, C.I., Ghiorghe, A.I., Lungu, E., Toader, E.V., Ilie, L. Economic Model of Regenerative Agriculture and Factors of Agri-Food System Change, in Agrarian Economy and Rural Development-Realities and Perspectives for Romania. 2021. p. 99-104. Available online: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/263027/1/ICEADR-2021-p099.pdf>
17. 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.11-19. <https://doi.org/10.1186/s42522-021-00038-7>.
18. Deguine, J.P., Aubertot, J.N., Bellon, S., Côte, F., Lauri, P.E., Lescourret, F., Ratnadass, A., Scopel, E., Andrieu, N., Bärberi, P. Agroecological crop protection for sustainable agriculture. Adv. Agron. 2023, 178, p. 1-59.
19. Новикова, И.И. Полифункциональные биопрепараты для фитосанитарной оптимизации агроэкосистем в биологическом земледелии. Технологии и технические средства

механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 2 (99). с. 183-194.

20. Павлюшин, В.А., Новикова, И.И., Бойкова, И.В. Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: теория и практика. Сельскохозяйственная биология. 2020, том 55, № 3, с. 421-438.