

ROLUL ȘI LOCUL OMG ÎN SOLUȚIONAREA PROBLEMELOR FITOSANITARE

DOI: 10.5281/zenodo.4091568

CZU: 574+631.147+631.95

Doctor habilitat în științe biologice, profesor cercetător **Leonid VOLOȘCIUC**

E-mail: l.volosciuc@gmail.com

Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor

THE ROLE AND PLACE OF GMO IN SOLVING PHYTOSANITARY PROBLEMS

Summary. The world population has exceeded 7 billion people and is forecasted to reach beyond 11 billion by 2100. Annual crop loss to pests alone account for 25-30 % of the global crop losses. Conventional agriculture is associated with problems of pest's control and pesticide accumulations. Genetic modification, as area of biotechnology, concerns with the manipulation of the genetic material in living organisms and oriented to mitigate several current challenges in agriculture. Despite the above controversies being proven unfounded, GM crops are linked with potential health risks and genetic hazards associated to them. The main critical questions about the new traits is the extent to which will contribute to feeding the world in the future. The investment in these emerging genetic-engineering technologies and in a variety of other approaches should be made, because it will be critical for decreasing the risk of global and local food shortages. This paper presents the conceptual vision, concerns and the future trends, highlighting the crucial role of ecological agriculture both in environmental protection, as well as social and economic sectors.

Keywords: ecology, GMO, organic farming, pest, plant protection, sustainable development.

Rezumat. Populația mondială a depășit 7 miliarde de oameni și se anticipează că va depăși 11 miliarde până în 2100. Pierderile anuale ale culturilor cauzate de organisme dăunătoare reprezintă 25-30% din producția globală. Agricultură convențională este asociată cu problemele de control al dăunătorilor și al acumulărilor de pesticide. Modificarea genetică, ca domeniu al biotehnologiei, ține de manipularea materialului genetic al organismelor vii și este orientată spre atenuarea mai multor provocări actuale din agricultură. În ciuda controverselor frecvente, culturile modificate genetic se asociază cu potențialele riscuri pentru sănătate și cu posibilele pericole genetice. Principalele chestiuni stringente în legătură cu noile realități sunt măsurile în care OMG vor contribui la alimentația omenirii în viitor. Investițiile în aceste tehnologii de inginerie genetică emergente și într-o varietate de alte abordări ar trebui continuate, deoarece va fi esențial pentru scăderea riscului de penurie alimentară la nivel local și global. Articolul prezintă viziunea conceptuală, preocupările și tendințele viitoare, subliniind rolul crucial al agriculturii ecologice atât în protecția mediului, cât și în sectoarele sociale și economice.

Cuvinte-cheie: ecologie, OMG, agricultură ecologică, organisme dăunătoare, protecția plantelor, dezvoltare durabilă.

INTRODUCERE

Pornind de la dinamica și tendințele evoluției populației Terrei care, fiind într-o creștere continuă, a depășit 7,3 miliarde de locuitori și perspectiva atingerii a 9 miliarde în anul 2040 și 10 miliarde în anul 2060, devine tot mai stringentă necesitatea impulsivității măsurilor de fortificare a securității alimentare. Pe fundalul acestei perspective, pierderile cauzate de organismele dăunătoare constituie 25-30 % anual, iar în condițiile dezvoltării epifitotice a patogenilor și invaziei vertiginoase a dăunătorilor și buruienilor, pierderile de recoltă depășesc nivelul de 50-60 % sau compromis complet culturile agricole [1; 2].

Soluționarea problemelor ecologice din agricultură reclamă utilizarea complexă a măsurilor ecologice inofensive de control al densității populațiilor de

organisme dăunătoare, dintre care preferabile sunt metodele biologice de combatere [3; 4; 5] cu aplicarea tehnologiilor de producere și a mijloacelor microbiologice [4; 6].

Soluționarea problemelor legate de securitatea alimentară și siguranța alimentelor se bazează pe tehnologii performante și pe alte abordări privind sporirea productivității culturilor, care nu sunt suficiente și uneori doar maschează efectele adverse asupra mediului înconjurător. Soluțiile vin de la investigațiile biotehnologice cu potențial consistent de generare a productivității sporite cu imputuri reduse și obținerea entităților vegetale cu rezistență înaltă la condițiile nefavorabile și provocările cauzate de schimbările climatice [7; 8].

Pe parcursul ultimilor decenii, știința a înregistrat rezultate relevante în vederea regenerării primelor plante transformate genetic cu gene străine și cultiva-

rea largă a plantelor transgenice. Organismele modificate genetic (OMG) ocupă un loc deosebit în strategiile de soluționare a problemelor globale, inclusiv a securității alimentare, precum și de transformare a unor specii de plante care necesită combaterea organismelor dăunătoare [9; 10; 11]. Actualmente OMG se cultivă pe suprafețe enorme, de 189,8 milioane de hectare, iar patru culturi: soia, porumbul, bumbacul și rapița ocupă 90-100% dintre aceste suprafețe. Utilizarea OMG nu poartă însă un caracter univoc, iar riscurile pentru mediu și sănătate devin tot mai evidente. Se atestă îndoeli suficiente în ce privește nocivitatea OMG, fapt ce necesită elaborarea metodelor alternative celor chimice de combatere a organismelor dăunătoare [11; 12] și investigarea lor profundă și complexă [13; 14].

Omenirea se arată tot mai îngrijorată de evoluția agriculturii și așteaptă soluții salvatoare din partea comunității științifice internaționale. Deosebit de relevante în acest sens sunt rezultatele unor cercetări de rezonanță înglobate în Raportul UNESCO (Comisia IAASTD, 2008), prin care se recunoaște lipsa perspectivelor de dezvoltare a agriculturii tradiționale și necesitatea implementării direcțiilor noi bazate pe circuitele naturale. O dovadă importantă constituie sporirea impactului organismelor dăunătoare și aprofundarea crizei ecologice provocate de aplicarea pesticidelor, fapt ce accentuează actualitatea și oportunitatea elaborării biotehnologiilor de producere și aplicare a organismelor folositoare, printre care un loc deosebit revine agenților microbiologici [1].

MATERIALE ȘI METODE

Pronosticarea dezvoltării organismelor dăunătoare a fost efectuată cu ajutorul sistemului electronic „Agroexpert” pentru determinarea indicatorilor climatici și avertizarea lor [3; 15].

Au fost aplicate metodele protocolare de cercetări microbiologice și virologice adaptate pentru elaborarea mijloacelor alternative de protecție a plantelor [3; 16; 17] și cultivare *in vivo* și *in vitro*, utilizând producerea agenților biologici la suprafață, în profunzime și semi-profunzime [4; 15].

Testarea în condiții de laborator, pe loturile de experiență și de producere a mijloacelor microbiologice de protecție a plantelor s-a efectuat în repetiții randomizate, cu prelucrarea statistică a rezultatelor [18].

Pentru analiza perspectivelor de dezvoltare a agriculturii și în scopul reducerii impactului organismelor dăunătoare asupra culturilor agricole a fost dezvoltat conceptul elaborării preparatelor biologice de combatere a plantelor și de implementare a agriculturii ecologice prin aplicarea protecției integrate a plantelor.

GRADUL DE CERCETARE A PROBLEMEI LA NIVEL NAȚIONAL ȘI INTERNAȚIONAL

Impactul negativ al organismelor dăunătoare și necesitatea combaterii acestora

Pierderile anuale de producție fitotehnică, cauzate de organismele dăunătoare, constituie 25-30 %, iar daunele anuale depășesc 2,5 miliarde lei [2; 5], ceea ce determină necesitatea aplicării diferitor metode de combatere, inclusiv a tratamentelor chimice, fapt ce, în consecință, afectează sănătatea omului și dereglează echilibrul ecologic. Așadar, protecția plantelor reflectă nivelul tehnologic din fitotehnie, iar aplicarea îndelungată a noxelor provoacă schimbări genetice la organismele dăunătoare și, în ultimă instanță, apariția rezistenței la pesticide. Sporirea continuă a dozelor și a numărului de tratamente [5; 19] este însoțită de repercusiuni tot mai grave asupra populației umane – reducerea dramatică a speranței de viață, scăderea imunității, creșterea nivelului morbidității și mortalității. Drept soluție vine elaborarea și aplicarea largă a metodelor alternative de protecție a plantelor [3; 16; 20].

Investigațiile în vederea reducerii impactului organismelor dăunătoare asupra culturilor agricole și mediului înconjurător sunt determinate de capacitatea omului de a propune măsuri de explorare și transformare a naturii, și anume:

1. Elaborarea și utilizarea diferitor compuși chimici sintetici pentru protecția plantelor, care asigură indicatori biologici, economici și ecologici valoroși, dar provoacă efecte negative grave, ceea ce necesită măsuri de control permanent.

2. Dezvoltarea capacităților de rezistență a tuturor nivelurilor de organizare a biosferei, fapt ce creează condiții de utilitate continuă în baza mecanismelor naturale de reglare a densității populațiilor organismelor dăunătoare și deschide căi noi de aplicare a potențialului natural de menținere a echilibrului biosferic.

Pe lângă direcțiile nominalizate, practica mondială de soluționare a problemelor de sănătate a plantelor este centrată pe aplicarea noilor tehnologii agricole, dar și a cercetărilor în domeniul genomului organismelor vii și implementarea strategiei transferului de gene prin intermediul metodelor moleculare biologice, care au stat la baza unor viziuni strategice de sporire a securității alimentare și de protecție a plantelor.

Posibilitățile ingineriei genice și genetice în asigurarea securității alimentare

Realizările ingineriei genetice și aplicarea genelor utile de la unele organisme la altele, formând organisme modificate genetic al căror genotip a fost alterat

prin manipularea directă a ADN-ului propriu oferă un șir de avantaje [9; 11]. Deosebit de importante în acest sens sunt accelerarea proceselor de ameliorare și obținerea culturilor agricole cu recolte sporite diminuând imputurile aplicate, precum și elaborarea tehnicilor predictibile, transferând doar gene sau blocuri de gene și nu genomul fiecărui partener, cum se efectuează în ameliorarea tradițională.

Evoluția tehnologiilor de obținere a OMG, începând cu elaborarea primelor plante transgenice în anul 1993, a parcurs trei etape: identificarea, izolarea și clonarea genelor de interes; transferul genelor de interes la plantele de cultură; selecția plantelor care exprimă la un nivel optim caracterul transferat și testarea acestora în câmp pentru evaluarea stabilității expresiei transgenice. Avantajele ingineriei genetice cu scopuri de protecție fitosanitară rezultă din caracterele împrumutate de la alte organisme, cum este toleranța la erbicide și rezistența la organismele dăunătoare.

Toleranța la erbicide. Se obține prin transferul unei gene bacteriene menite să codifice informația privind biosinteza fermentului, fapt ce inactivează erbicidul și asigură rezistența plantei la acesta. Prin transferul genei 5-enolpiruvatschikimat-3-fosfat-sintază (EPSPS) de la *Agrobacterium tumefaciens* (tulpina C4) la soia, plantelor li s-a indus toleranța la erbicidul glifosat prin intervenția asupra enzimei EPSP-sintetaza. În consecință, a fost modificată gena care codifică enzima, asigurând activitatea ei în prezența glifosatului, iar apoi aceasta a fost transferată la plantele de cultură, inducând rezistența la erbicid [8; 11].

Rezistența la insecte s-a obținut prin transferul la plantele agricole a genei *cry*, prelevată de la bacteria entomopatogenă (*Bacillus thuringiensis*), care codifică expresia unei toxine cu proprietăți insecticide și nu manifestă toxicitate pentru om. Încadrarea genei *cry* (*cry1Ab*, *cry1Ac*, *cry1F* și *cry9C*) a endotoxinei *Bacillus thuringiensis* (84 de patovariante) în genomul culturilor agricole asigură rezistența plantei-gazdă la insectele dăunătoare și reducerea presei pesticide [11].

Rezistența plantelor la virusurile fitopatogene și la alți agenți patogeni crește prin introducerea genelor de la anumite virusuri fitopatogene, fiind posibilă și identificarea acestora în mod expres. De exemplu, prin clonare și transfer în plantele de cultură a genelor care codifică proteinele capsizilor virali, s-au obținut culturi de dovlecel rezistent la virusul mozaicului tutunului și la alte plante cu rezistență la virusul mozaicului lucernei și la virusul mozaicului castraveților [9].

Rezistența plantelor la funghi și bacterii poate fi consolidată și pe cale naturală. Efectele sunt determinate de proteinele responsabile de procesele de patogeneză, numite proteine PR, cu funcții enzimatice care scindează peretele celular al ciupercilor microscopice (chitinaza), precum și de diverși compuși, proteine antifungice și fitoalexine care asigură rezistența plantelor de cultură la agenți patogeni micotici și bacterieni [10; 11].

Controverse privind impactul OMG asupra sănătății mediului și omului

Elaborarea OMG a alimentat speranțe la nivel mondial în ce privește creșterea indicatorilor cantitativi și calitativi ai culturilor agricole, precum și ameliorarea mediului înconjurător. În paralel, transgeneza a provocat o multitudine de îngrijorări și controverse, printre care:

- suspiciuni de provocare a mutațiilor, cancerelor și bolilor degenerative;
- modificarea unor agenți patogeni care ar putea facilita transmiterea bolilor infecțioase sau apariția unor noi vectori;
- efecte nocive asupra circuitelor biogeochimice prin reducerea capacității solului de a descompune materia organică;
- sporirea impactului organismelor dăunătoare și accentuarea proceselor de poluare și reducere a fertilității solului, sporirea presiunii asupra biotei, îndeosebi asupra insectelor polenizatoare și entomofage;
- îmbolnăviri și efecte alergice și toxice la oameni, animale și plante;
- pierderea purității genofondurilor culturilor agricole.

Agiotajul referitor la urmările negative ale OMG este alimentat de mai mulți autori care au evaluat eventualele consecințe, evidențiind următoarele [7; 8; 9; 12]:

- răspândirea transgenelor la plantele înrudite din flora spontană;
- fortificarea capacităților organismelor ne-țintă prin achiziția pe calea hibridării a unor caractere transgenice și selecția de buruieni rezistente la erbicide;
- apariția rezistenței la toxinele Bt a unor insecte dăunătoare, mai cu seamă la insectele coleoptere și afectarea entomofagilor naturali și a insectelor utile;
- transferul orizontal de gene și apariția de rase noi de organisme dăunătoare;
- extinderea suprafețelor de culturi rezistente la erbicide, reducerea biodiversității și sporirea ariilor de răspândire a populațiilor de buruieni.

Riscurile potențiale legate de utilizarea OMG sunt determinate de următoarele fenomene:

▪ genele OMG pot fi transmise prin polen cu organisme sălbatice (Fluturii Monarch), iar descendenții hibridi pot dobândi proprietăți noi sau obține capacități de concurență cu alte plante;

▪ OMG pot deveni buruieni pentru agricultură, eliminând alte plante, iar plantele transgenice pot fi toxice sau alergene, prezentând pericol direct pentru om, animale domestice și cele din fauna spontană.

Generalizând dezavantajele utilizării OMG în fitotehnie, putem evidenția principalele direcții de risc:

▪ Fluxul orizontal de gene ce poluează formele parentale valoroase și materialul genetic din centrele de origine; apariția formelor noi de patogeni, superburieni, supervectori de transmitere a elementelor genetice și patogenilor noi.

▪ Inducerea instabilității genomice în genomurile țintă și, în consecință, reducerea biodiversității; poluarea genetică și dezvoltarea bioinvațiilor.

▪ Modificarea microflorei omului, în urma sporirii rezistenței bacteriilor la antibiotice.

▪ Apariția unor proprietăți alergene cauzate de particularitățile proteinelor exotice, sinteza accidentală a toxinelor și creșterea riscului de cancer.

▪ Apariția alergenilor alimentari și reducerea calității alimentelor.

▪ Acumularea reziduurilor de pesticide, a căror metaboliți devin mai toxici decât formele lor inițiale.

▪ Distrugerea insectelor benefice și a microorganismelor solului.

▪ Dezvoltarea hazardurilor socioeconomice și etice.

Cu toate că astăzi, în scopul evaluării multiplexelor controversate, se efectuează numeroase teste cu implicarea OMG, se monitorizează diverse modificări ale genelor atât în condiții naturale, cât și în laborator, devine necesară determinarea exactă a modificărilor genetice în generațiile viitoare. Or, s-a stabilit infiltrarea ADN-ului modificat pe calea polenizării, ceea ce provoacă poluarea genelor naturale și creează probleme în etichetarea alimentelor modificate sau nemodificate genetic.

Lipsa tehnicilor și modalităților de cuantificare a riscurilor pentru sănătatea omului și a mediului asociate OMG animă și mai mult spiritele, precum și informația modestă disponibilă despre acțiunea OMG pe parcursul mai multor generații. Evident, comunitatea științifică internațională se face responsabilă de clarificarea situației.

Se știe că inserția transgenelor în celulele plantelor poate genera efecte genetice neintenționate. Mecanismele de încorporare a genelor străine în genomul gazdă rămâne deocamdată puțin cunoscut, iar inserția lor întâmplătoare poate să deregleze activitatea altor gene, cu efecte nedorite asupra plantei [9; 11]. Astfel, genele străine ar putea determina efecte

pleiotropice care să confere caractere noi plantelor gazdă la eliberarea lor în mediul înconjurător.

Tot mai frecvent sunt invocate riscurile provocate de OMG asupra conservării biodiversității [22]. Organizația pentru Alimentație și Agricultură a Națiunilor Unite (FAO) a stabilit că din anul 1900, odată cu trecerea la cultivarea varietăților de plante uniforme din punct de vedere genetic, s-au pierdut circa 75 % din diversitatea genetică a plantelor. Deși în decurs de mai bine de 20 de ani (1996–2018) OMG au influențat considerabil dezvoltarea agriculturii, totuși acestea:

▪ nu au asigurat creșterea veniturilor fermierilor din lume;

▪ nu au ameliorat semnificativ cantitatea și calitatea recoltelor;

▪ nu au diminuat ritmul galopant al malnutriției pe Terra;

▪ nu au redus volumul pesticidelor aplicate, ci au cauzat creșterea lui;

▪ nu au contribuit la soluționarea nici a unei probleme globale, ci din contra, au agravat procesul de reducere a biodiversității, starea faunei și sănătății populației.

Evaluarea riscului OMG și a produselor acestora are în vedere două componente importante: riscul de mediu și sănătatea omului. În *Protocolul de la Cartagena asupra Biosecurității*, adoptat în 2000, sunt prezentate etapele ce trebuie parcurse în evaluarea riscului, urmărindu-se caracterele organismelor vii modificate (OVM) care ar putea avea impact negativ asupra diversității biologice, asupra mediului în care sunt eliberate și asupra sănătății omului. Protocolul stabilește măsurile de protecție în zonele de transfer al OVM, deplasările transfrontaliere, impactul acestora în vederea dezvoltării sustenabile a zonei și a conservării diversității biologice.

Problemele de biosecuritate în Republica Moldova sunt reglementate de Legea nr. 755 din 21.12.2001, iar modificările sunt perfectate într-un nou proiect de lege [17].

În scopul prevenirii situațiilor nedorite în cazul eliberării în mediu a OMG, au fost elaborate recomandări menite să contribuie la diminuarea problemelor enumerate: sporirea atenției în proiectarea unui OMG pentru reducerea riscurilor asupra mediului, analiza beneficiilor și riscurilor de mediu prin investigarea complexă a acestor fenomene, prevenirea eliberării în mediu a unor OMG nedorite, monitorizarea permanentă a OMG comerciale.

În ciuda opoziției, protestelor și controverselor, actualmente implementarea OMG înregistrează o ascensiune continuă pornind de la avantajele ce nu pot fi neglijate și activitățile exercitate de companiile biotehnologice [8; 9; 10].

PERSPECTIVELE EDITĂRII GENOMULUI

Caracterul complex al problemelor legate de securitatea alimentară, sănătatea omului și starea mediului înconjurător determină necesitatea aplicării capacităților biotehnologiilor moderne de a pătrunde în mecanismele constituite pe parcursul evoluției biosferei, obținând pârgii de editare a genomului. În acest scop se aplică noi tehnici de ameliorare a plantelor, cum sunt nucleazele sintetice: nucleaza deget de zinc, nucleaza TALE, sistemul CRISPR-Cas9, mutageneza direcționată cu oligonucleotide, cisgeneza și intrageneza, metilarea ADN mediată de ARN, grefarea pe portaltoi MG, ameliorarea inversă, agroinfiltrarea, agroinocularea, care permit inducerea unor schimbări direcționate în genomurile organismelor. Ele permit modificarea informației genetice pentru a genera noi proprietăți, înlăturarea unor regiuni specifice din genomuri și adăugarea unor transgene în locații specifice din genomuri și reprezintă progrese considerabile în ameliorarea și protecția fitosanitară a plantelor [15; 20].

Tehnologia CRISPR (clustered regularly interspaced short palindromic repeats), al cărei potențial a fost demonstrat pentru prima dată de Jennifer Doudna și Emmanuelle Charpentier în anul 2012, permite modificarea genomului oricărei entități biologice și a fost declarată invenția anului 2015. CRISPR constituie un instrument ce permite corectarea defectelor ADN, funcționând asemenea unor „foarfece” moleculare. Acestea permit decuparea selectivă a zonelor nedorite din cadrul genomului și înlocuirea lor cu noi fragmente de ADN. Se declară că tehnologia dată va revoluționa studiul și tratamentul unei game imense de boli la om, plante și animale, inclusiv cancer și infecții incurabile, precum și afecțiuni ereditare. Progresele științifice actuale demonstrează că CRISPR este nu doar o tehnologie extrem de versatilă, ci una care se dovedește a fi precisă, din ce în ce mai sigură de utilizat și promițătoare. Editarea genelor conferă eficiență și precizie prin reducerea perioadelor de cercetare-dezvoltare și ameliorare și pentru combaterea organismelor dăunătoare cu evoluție rapidă [21].

CONCEPTUL DE AGRICULTURĂ ECOLOGICĂ VERSUS OMG

Dintre metodele noi de combatere a organismelor dăunătoare, cele mai eficiente sunt metodele biologice [3; 16], care includ introducerea și acimizarea entităților biologice pe arii noi, producerea lor în masă și lansarea sezonieră în agroecozistemele protejate [3; 5]. În așa mod se constituie un sistem de reglare a densității populațiilor de organisme dăunătoare care, ținând

cont de mediul specific și de dinamica acestora, folosește mecanismele naturale și entitățile utile, adaptate la menținerea populațiilor dăunătorilor și patogenilor sub pragul economic de dăunare, asigurând eficiența economică și ecologică. Cercetările biotehnologice centrate pe crearea OMG reprezintă o activitate care nu este conforma preceptelor de agricultură ecologică.

Drept soluție eficientă se propune elaborarea și implementarea tehnologiilor de agricultură ecologică, care, pornind de la utilizarea mecanismelor naturale de reglare a relațiilor dintre elementele agroecosistemelor, posedă capacități suplimentare de asigurare a rentabilității economice [16; 20; 22].

Agricultura ecologică constituie un sistem de producție care menține fertilitatea solurilor și sporește activitatea ecosistemelor, fiind bazată pe sistemele ecologice, diversitatea biologică și ciclurile de viață adaptate la condițiile concrete, în locul utilizării substanțelor chimice cu efecte adverse. Modul ecologic de producere agricolă îmbină tradiția, inovația și știința în beneficiul mediului înconjurător și promovează relațiile echitabile și calitatea bună a vieții tuturor celor implicați [17; 23].

Pe lângă măsurile de protecție biologică a plantelor, care constituie fundamentul reglării densității populațiilor de organisme dăunătoare, agricultura ecologică folosește și alte procedee tehnologice de producere a culturilor agricole, printre care:

- **Aplicarea realizărilor biotehnologice** prin utilizarea biodiversității genotipurilor utile, îndeosebi a soiurilor și hibridurilor cu manifestare diferită a imunității plantelor.

- **Utilizarea condițiilor optime ale mediului pentru impulsionarea dezvoltării plantelor** prin efectuarea analizelor fitosanitare și monitorizarea permanentă a organismelor dăunătoare, precum și examinarea solurilor din cadrul asolamentelor și aplicarea lor în funcție de necesități.

- **Elaborarea strategiei de protecție integrată a plantelor** prin reducerea pierderilor cauzate fitotehniei de organisme dăunătoare la un nivel minim de cheltuieli din volumul global al producției, care trebuie să fie întors în circuitul mare al materiei și energiei pentru asigurarea mersului normal al circuitelor substanțelor.

- **Managementul integrat al producerii culturilor agricole** reprezintă abordarea selectivă și inteligentă a viziunilor asupra evoluției agriculturii și tendințelor de dezvoltare a culturilor agricole cu obținerea recoltelor mari de calitate înaltă, ținând cont de capacitatea acestora de a valorifica potențialul ecologic al agrosistemelor și coexistența cu organismele dăunătoare.

CONCLUZII

▪ Aplicarea metodelor molecular-biologice constituie temelia viziunilor strategice de soluționare a problemelor legate de securitatea alimentară, în care genele utile de la unele organisme sunt transferate în altul, formând organisme transgenice, care înregistrează avantaje considerabile, dar și controversate.

▪ Ecologizarea activităților de protecție a plantelor prin aplicarea mecanismelor naturale și antropice de reglare a densității populațiilor organismelor dăunătoare sub pragul economic de dăunare este întrucâtă în procedeele tehnologice și activitățile din cadrul sistemelor de obținere și procesare a produselor agroalimentare ecologice. Anume pe ecologizare ca obiectiv strategic trebuie centrată agricultura națională, care are o contribuție semnificativă în dezvoltarea economică sustenabilă.

▪ Tehnicile contemporane de ameliorare cu părgii eficiente pentru dezvoltarea agriculturii ecologice contribuie la soluționarea problemelor de securitate alimentară, siguranță a alimentelor, precum și riscurilor ecologice. Odată cu creșterea populației globului, pentru asigurarea securității alimentare și ecologice și ținând cont de controversate privind rolul OMG, devine necesară sporirea recoltei principalelor culturi agricole cu 60-70 %, precum și căutarea în continuare a răspunsului la întrebarea – cum atingem asemenea obiective?

BIBLIOGRAFIE

1. International assessment of agricultural knowledge, science and technology for development: global report/edited by Beverly D. McIntyre et al. W., 2009. 606 p.
2. Rex Dufour. "Conventional" and "Biointensive" IPM. *Appropriate Technology Transfer for Rural Areas*. Pennsylvania. 2011. 52 p.
3. Biological control of pest using trichogramma: current status and perspectives, edited by S. B. Vinson, S. M. Greenberg, T.-X. Liu, A. Rao, L. F. Volosciuk. Northwest A&F University Press, China, 2016. 496 p.
4. Biopesticides: Pest management and regulation, by D. Chandler et al. CABI, 2010, 256 p.
5. Voloșciuc L.T. Probleme ecologice în agricultură. Chișinău: Bons Offices, 2009. 264 p.
6. Helga Willer. The adventure of collecting data on organic agriculture worldwide. *The World of Organic Agriculture*. BIOFACH Congress. Nürnberg, 2019. 32 p.
7. Maser Ch., Pollo C. *Resolving Environmental Conflicts*, Second Edition. 2011. 286 p.
8. Hakim Danny. Doubts About the Promised Bounty of Genetically Modified Crops. In: *The New York Times*. Oct. 29, 2016.
9. Garcia A. M., Altieri A. M. Transgenic crops: Implications for biodiversity and sustainable agriculture. *Bull. of Sci. Technol. and Society*, 2005, 25, 4, p. 335-353.
10. Ghiorghita G. Organismele modificate genetic și implicațiile lor. Iași: Pim, 2015. 144 p.
11. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. *Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects*. National Academies Press. 2016. 606 p.
12. Megha K., Kaur G. S. Ecological impact of genetically modified crops. In: *Res. J. of Recent Sci.*, 2013, 2, 1-4.
13. Voloșciuc L.T. Soluționarea problemelor de protecție a plantelor în agricultura ecologică. În: *Noosfera*, nr. 10-11, 2014, p. 151-158.
14. Voloșciuc L., Pânzaru B., Lemanov N., Nicolaev A., Șercabov T., Nicolaev S., Zavtoni P., Moraru L. Recent achievements in microbiological plant protection. In: *Journal of ASM. Life Sciences. Plant and Animal Biotechnology*, no. 2(326), 2015. p. 178-183.
15. Toncea I., Simion E., Ioniță Nițu G., Alexandrescu D., Toncea V. A. *Manual de agricultură ecologică*. București, 2012, 360 p.
16. Voloșciuc L.T., Josu Veronica. Conceptul de agricultură ecologică – suport al agriculturii durabile în Republica Moldova. În: *Noosfera*. 2016, nr. 17. p. 89-98.
17. Voloșciuc L.T. Protecția plantelor în agricultura ecologică. În: *Eco Agricultură românească*, 06 June 2018, p. 1-4.
18. Dosphehov B. A. *Metodika polevogo opyta*. M.: Agropromizdat, 1989, 313 s.
19. Pavljushin V.A., Vilkova N.A., Suhoruchenko G.I., Tjuterev S.L., Nefedova L.I. Novaja paradigma razvitija zashhity rastenij i ee konceptual'noe nauchno-prakticheskoe reshenie. În: *Vestnik zashhity rastenij*, nr. 3(89), 2016, s. 126-127.
20. Doudna J. A., Charpentier E. Genome editing. The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*, 2014. 346: 1258096.
21. The CRISPR/Cas9 system for plant genome editing beyond. In: *Biotechnology Advances* 33. 2015. p. 41-52.
22. Carpenter E. J. Impact of GM crops on biodiversity. În: *GM Crops*, 2011, no. 2, p. 7-23.
23. *Global Organic Statistics 2014 and Organic 3.0. Growing Organic Agriculture Sector Explores its Future*. FIBL and IFOAM. 2014. p. 1-8.