

О.А. СІКУРА, кандидат сільськогосподарських наук
О.О. СІКУРА, молодший науковий співробітник
Закарпатський територіальний центр карантину рослин ІЗР НААН

РОЛЬ БІОЛОГІЧНИХ АГЕНТІВ У РЕГУЛЯЦІЇ ЧИСЕЛЬНОСТІ ЗАХІДНОГО КУКУРУДЗЯНОГО ЖУКА

Аналіз літературних джерел щодо досліджень з виявлення біоагентів в країнах Європи і Америки та вивчення їх ентомоцидної дії показав перспективність застосування природних регуляторів чисельності проти личинок та імаго західного кукурудзяного жука.

**західний кукурудзяний жук, личинки, імаго, біоагенти,
ентомопатогени, нематоди, ентомофаги**

Питання охорони природи та збереження корисних комах зумовлюють обмеження застосування пестицидів у народному господарстві. Відомо, що тривале застосування хімічних засобів призводить до появи стійких популяцій шкідливих видів комах, число яких в даний час зростає. Накопичуючись в природі, застосовувані пестициди викликають небажані мутації живих організмів навіть через багато років. У зв'язку з цим пошуки екологічно нешкідливих, зокрема, мікробіологічних методів регулювання чисельності комах мають велике теоретичне і практичне значення.

Комахи чутливі до інфікування широким колом ентомопатогенів: бактеріями, грибами, вірусами, найпростішими. Гриби і бактерії викликають швидку інфекцію та смертність комах в результаті продукування ферментів або токсинів, які взаємодіють з певним органом та системою комахи-живителя. Біологічні особливості вірусів пов'язані з їх високою інфекційною активністю, специфічністю, короткою тривалістю генерації і здатністю швидко поширюватися в популяціях чутливих комах-живителів [1].

Мікроорганізми, які ушкоджують шкідливі види, для захисту рослин застосовуються у формі біологічних препаратів. Більшість біологічних бактеріальних препаратів створено на основі кристалоутворюючих бактерій групи *Bacillus thuringiensis*, які утворюють спори і кристали, здатні розчинятися у кишечнику комах, куди вони потрапляють із кормом. Для захисту сільськогосподарських культур від шкідників

застосовують такі препарати: лепідоцид, дендробацилін, гомелін, бі-токсибацилін, наводор, астур, ентобактерін тощо.

Грибні препарати містять спори ентомопатогенних грибів, головним чином *Beauveria bassiana* та *Metarhizium anisopliae*. Препарат боверин використовується проти колорадського жука, гусені яблуневої плодожерки, оранжерейної білокрилки, а біоінсектицид метаризин — проти твердокрилих (бурякового і люцернового довгоносиків, дротяників).

Вірусні біологічні препарати (вірини) виготовляють на основі вірусів поліедрозу і гранульозу, які найчастіше уражують комах.

Чисельність західного кукурудзяного жука (ЗКЖ) за допомогою біологічних препаратів на сьогоднішній день не регулюють. Однак в США та країнах Європи проводять наукові дослідження спрямовані на пошук ефективних біоагентів для біологічного контролю фітофага та розробки більш ефективних засобів використання природних ворогів в боротьбі із західним кукурудзяним жуком [18].

Враховуючи вище наведене, метою наших досліджень було проаналізувати літературні дані щодо існуючих біологічних агентів ЗКЖ та оцінити перспективність їх застосування проти шкідника.

Матеріали та методи досліджень. Для оцінки перспективності використання біоагентів проти ЗКЖ були проаналізовані теоретичні відомості щодо можливості застосування природних регуляторів чисельності в системі захисту кукурудзи від шкідника.

Результати досліджень. Агресивні види шкідників, до яких належить й інвазійний вид *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte, несуть загрозу сільськогосподарському виробництву. Сучасні тенденції використання природних ворогів в управлінні шкідниками актуальні в зв'язку з тим, що не викликають ефекту забруднення навколишнього середовища [20].

При цьому повинні розглядатись різні методи контролю, як такі, що максималізують використання біологічних та агротехнічних заходів управління та мінімізують широке використання хімічних препаратів. Існують розробки, які показали успішне застосування біологічного контролю в пригніченні чисельності ЗКЖ до рівня, на якому він не завдає економічних збитків сільському господарству, завдяки підсиленню дії природних ворогів [9].

Ентомопатогенні гриби. Ентомопатогенні гриби вивчали протягом багатьох років щодо використання їх проти широкого діапазону комах-шкідників [8]. Існує широкий спектр біопрепаратів, виготовлених на основі *Beauveria bassiana* та *Metarhizium anisopliae* для захисту від ґрунтових шкідників. Незважаючи на те, що в орних ґрунтах міститься багато ентомопатогенних грибів, їх роль у регуляції чисельності діабротики вивчено недостатньо. За результатами досліджень, до 3% імаго *Diabrotica* spp. зібраних на 5-ти полях із 7-ми обстежених, в США

(штат Айова), були інфіковані *B. bassiana* [3]. Крім того, дослідження, проведені у Бразилії, показали, що 14% зібраних в польових умовах імаго діабротики були інфіковані *B. bassiana* та 6% — *M. anisopliae* [11].

В Центральній Європі потягом дворічних досліджень встановлено, що рівень інфікування імаго ЗКЖ ентомопатогенними грибами був на дуже низькому рівні — із 12-ти обстежених полів тільки на двох полях було виявлено 0,01% імаго інфікованих *Beauveria bassiana* та 0,002% імаго інфікованих *M. anisopliae* [30].

За результатами досліджень, що проводились в польових умовах в ентомологічних садках, була досягнута 100% смертність імаго шкідника завдяки додатковій їх інокуляції конідіями *B. bassiana*. Також в садках здійснювали пряму одноразову інокуляцію конідіями гриба *Beauveria bassiana* листків кукурудзи, що дало змогу досягти 50% смертності жуків [22]. Також лабораторні дослідження, проведені Малоком і Чендлером (2001), показали, що інфікування імаго грибом може призвести до 75% смертності жуків та знизити відкладання яєць самицями до 70% [23].

Що стосується преімагінальних стадій діабротики, то у США у личинок ЗКЖ, зібраних в природних популяціях, було виявлено 7 ізолятів *M. anisopliae* і 9 ізолятів *B. bassiana*. При цьому 14 з цих ізолятів були патогенними, в результаті чого загинуло від 5 до 70% личинок третього віку [5].

В штаті Іллінойс протягом 5-ти років в польових умовах на посівах кукурудзи досліджували ентомопатогенні властивості *B. bassiana*. Перед посівом конідії гриба наносили на поверхню ґрунту у вигляді водної суспензії, а потім відразу занурювали на глибину від 7 до 10 см. Дослідження показали, що в одному з 5-ти років досліджень значне зменшення ушкодження кореневої системи кукурудзи спостерігалось на 2-х з 4-х полів. Ґрунти цих 2-х полів містили більш високий рівень піску і дослідники припустили, що більший вміст піску може бути фактором успіху грибної аплікації, у порівнянні із двома іншими полями. Загальним висновком цих 5-річних досліджень було те, що рівень захисту кореневої системи кукурудзи від пошкоджень личинками шкідника, при використанні *B. bassiana*, не заслуговує подальшого розгляду цього питання оскільки ефективність гриба у роки досліджень не була на високому рівні [15].

В Бразилії для контролю чисельності діабротики в польових умовах тестували штами *B. bassiana*, коли внесення гриба в ґрунт поєднували з внесенням азотних добрив й при внесенні ентомопатогену без добрив. Такі самі дослідження були проведені в лабораторних умовах. Кращі результати в польових умовах були отримані із використанням окремо *B. bassiana* без внесення добрив, у той час як у лабораторних умовах наявність азоту сприяла ентомопатогенній дії гриба [25].

Крюгер і Робертс (1997) оцінили можливості застосування вису-

шених частинок міцелію грибів *M. anisopliae* і *B. bassiana* для контролю діабротики на посівах кукурудзи в штаті Нью-Йорк. Дослідження показали, що після внесення часток висушеного міцелію грибів у воду рясно відбувалась їх споруляція та утворювались інфекційні конідії. При цьому концентрація грибів збільшилася протягом першого місяця після застосування, імовірно через споруляцію з частинок міцелію, але потім концентрація знизилася. Через місяць після застосування грибів в ґрунт на полі штучно були внесені яйця західного кукурудзяного жука. Застосування великої кількості частинок міцелію (9,3 г часток на м²) викликало значне зменшення появи личинок шкідника та пошкодження коренів ними [17].

В Європі особливо увагу ентомопатогенним грибам приділяють в Угорщині, де в даний час досліджуються кілька штамів *B. bassiana* і *M. anisopliae* та їх використання в якості біологічних агентів як проти личинок так і проти імаго фітофага. Попередні біотестування показали, що внесення конідій *M. anisopliae* призвело до більш високої смертності личинок та імаго, ніж при застосуванні *B. bassiana*. Так, при інфікуванні ЗКЖ грибом *M. anisopliae* загибель личинок становила 47%, а імаго — 97% [26].

Нині існує мало повідомлень про те, що популяції патогенних грибів, присутні в Європейських ґрунтах, мають значний вплив на чисельність ЗКЖ. Також не було жодного зафіксованого випадку епізоотій, викликаних ентомопатогенними грибами, ні в європейських ні в американських популяціях шкідника.

Ентомопатогенні бактерії. Бактерії *Bacillus thuringiensis* є спороутворюючими бактеріями, що виробляють кілька класів інсектицидних білків, включаючи δ -ендотоксини, що є вельми специфічними кишковими токсинами комах. Деякі штами *Bacillus thuringiensis* проявляють токсичність для личинок твердокрилих комах і вони зазвичай виробляють токсин Сгу3 або токсин бінарного типу (Сгу35/36) [2]. Крейг зі співавторами в 1983 р. першими повідомили про ефективні ентомопатогенні властивості штаму *Bacillus thuringiensis* (var. *tenebrionis*) стосовно личинок ЗКЖ [16].

Згодом, у 1989 р. Гернштадт і Соареш встановили, що спори й кристали *Bacillus thuringiensis* (штам Сан-Дієго) мали ефективну дію проти імаго ЗКЖ. Застосування цього штаму викликало загибель до 80% жуків [12]. Також є повідомлення про те, що *Bac. thuringiensis* (штам *kurmatotoensis*) здатен виділяти токсин Сгу3В2, який проявляє ентомоцидну активність проти личинок ЗКЖ [28].

Зазвичай, тільки пошук мертвих або хворих комах в районах із високим рівнем зараження, дає можливість виділити *Bacillus thuringiensis*. Винятком такого підходу були дослідження щодо розподілу штамів бактерії в ґрунтах Сполучених Штатів, де від усіх ізольованих із зраз-

ків ґрунту *Bacillus* spp., кількість *Bacillus thuringiensis* становила 0,5—0,005% [29]. У 2004 р. було встановлено, що окрім *Bacillus thuringiensis* стосовно імаго ЗКЖ токсичну дію проявляють спороутворюючі, грам-негативні види бактерій *Chromobacterium subtsugae* (Bacteriaceae: Chromobacterae), що були виділені з лісового ґрунту. При інфікуванні жуків цим ентомопатогеном їх смертність досягала 40% [29]. Також у кишечнику імаго *Diabrotica undecimpunctata* були виявлені такі патогени комах, як синьогнійна паличка *Pseudomonas aeruginosa* Migula та *Proteus mirabilis* Hauser [33].

Серед ентомопатогенів, бактерії роду *Wolbachia* здатні інфікувати близько 20% всіх видів комах. Вольбахії, як і всі протеобактерії, властивий грам-негативний морфотип. Вони оточені двома біліпідними мембранами й тому не забарвлюються за Грамом і розмножуються всередині клітин комах. Вольбахії впливають на відтворення й співвідношення статей живителя. Механізм цієї дії базується на зупиненні першого мітотичного ділення гаплоїдної зиготи після метафази. У результаті чого відбувається подвоєння хромосом та формується не чоловічий гаплоїдний, а жіночий диплоїдний ембріон. Дослідження ентомоцидної дії *Wolbachia* проти діабротики показали, що *Wolbachia* викликає односпрямовану цитоплазматичну несумісність. У лабораторних умовах проводили спарювання інфікованих вольбахією самців із неінфікованими самицями. Дослідження показали, що з 5000 відкладених самицями яєць відродилось тільки 4% [7].

Ентомопатогенні віруси та найпростіші. Серед ентомопатогенних вірусів біопрепарати виготовляють на основі бакуловірусів, таких як вірус ядерного поліедрозу та вірус гранульозу. Нині дуже мало вірусів є потенційними агентами біологічного захисту від ЗКЖ. Відомо, що в гемоцитах та в клітинах кишечнику личинок шкідника виявляли бакуловіруси. Однак вони не проявляли позитивної інсектицидної дії на личинок [14]. Також ультраструктурні дослідження яєчників і сперматеки імаго шкідника виявили в них великі маси частинок Пікорна-вірусу розмірами від 24 до 26 нм. Проте, дослідження щодо його ентомопатогенної дії проти фітофага не провадили [6].

Захворювання комах, що викликаються найпростішими, відіграють важливу роль у регуляції їх чисельності. Більшість із них викликають хронічні інфекції комах, впливаючи на їх репродуктивну здатність. В імаго ЗКЖ, що були зібрані на посівах кукурудзи у США, були виявлені найпростіші еугregarіни, що перешкоджають розвитку жирового тіла яєчників самиць. Однак роль цих природних ворогів у регуляції чисельності шкідника невивчена й потребує відповідних досліджень [21].

Ентомопатогенні нематоди. Для визначення можливості використання ентомопатогенних нематод проти ЗКЖ проводять як лабора-

торні, так і польові дослідження. Найбільш вивченими серед них є родини *Steinernematidae* та *Heterorhabditidae*. Ентомопатогенні нематоди родини *Steinernematidae* є потенційно можливими біологічними агентами для різних видів комах, оскільки їм властиве широке коло комах-живителів, можливість достатньо швидко викликати загибель комах та економічно вигідне їх масове виробництво [13].

На личинках *D. virgifera virgifera* успішно паразитують нематоди *S. carpocapsae*, які викликають при контрольованих умовах загибель шкідника на рівні 90%. Загибель споріднених видів *D. balteata* та *D. undecimpunctata* в польових та лабораторних умовах від цього виду нематод становила 93,3% [24]. Райт та ін. проведеними дослідженнями підтвердили, що використання високих концентрацій нематод виду *S. carpocapsae* може успішно застосовуватись й до *D. virgifera virgifera* та *D. barberi* [34].

Для визначення вірулентності ентомопатогенних нематод стосовно личинок шкідника 3-го віку в лабораторних умовах личинки були заражені трьома видами нематод: *Heterorhabditis bacteriophora*, *H. megidis* та *Steinernema feltiae*. У результаті встановлено, що види *Heterorhabditis* найбільш ефективні для контролю чисельності фітофага, оскільки смертність личинок становила 60—75% [19].

Згідно з опублікованими даними, нематоди, окрім ураження личинкових стадій розвитку видів *Diabrotica*, уражують жуків тоді, коли вони знаходяться у ґрунті, або проникають у ґрунт, для відкладання яєць. Лабораторними дослідженнями встановлено паразитизм імаго шкідника нематодами *S. feltiae*, *Steinernema anomali*, *H. bacteriophora* та різними штамми *Steinernema* spp. й *Heterorhabditis* spp. [31].

Застосування нематод проти личинок ЗКЖ слід проводити водночас з появою найбільш чутливих до них віків (II–III вік). В якості критерію оцінки ефективності ентомоцидної дії нематод зазвичай використовують оцінювання ступеня пошкодження коренів, а не обліки кількості личинок на коренях рослин. Але при цьому необхідно враховувати, що личинки можуть виживати, якщо вони були захищені від інфікування при живленні в середині коренів кукурудзи [27].

Ентомофаги. Ентомофаги є одним з елементів біологічного контролю шкідників. Однак, спеціалізовані паразити та хижаки діабротики можуть бути відсутніми в Європі, оскільки вони існують тільки в області походження виду. За їх відсутності чисельність популяції ЗКЖ у південно-східній частині Європи обмежуються лише наявністю кормової рослини, впливом абіотичних факторів та заходами контролю чисельності (хімічний обробіток, сівозміна).

Румунські дослідники встановили, що види павуків *Speira diademata*, *Argiope bruennichi*, *Theridion impressum* (Arachnida: Araneae), *Argiope bruennichi* (Araneae: Araneidae), *Theridion impressum* (Araneae:

Theriidae), та хижий турун *Pseudophomus rufipes* здатні в певній мірі скорочувати популяції шкідника. Також, ними встановлено, що терміни появи імаго ЗКЖ (червень-липень) збігаються із наявністю в агроценозах кукурудзи цих ентомофагів [10]. Проведені в Угорщині пошуки біоагентів діабротики дали змогу встановити, що види павуків *Theridion pictum*, *Achaearanea tepidariorum*, *Enoplognatha latimana*, які присутні в агроценозах кукурудзи південної частини Угорщини, є ентомофагами імаго західного кукурудзяного жука [32].

Північноамериканські вчені здійснили чисельні дослідження з вивчення хижих ентомофагів, таких як: туруни (Carabidae), жуки-карапузики, стафілініди, дермістиди, міріаподи (багатоніжки), павуки, які здатні знищувати яйця *D. virgifera virgifera*. Також ними встановлено, що мурахи *Lasius neoniger* здатні значно зменшувати чисельність личинок шкідника [4].

Отже, всебічний аналіз даних з літературних джерел показав, що на сьогоднішній день комерційні біопрепарати для контролю чисельності ЗКЖ не застосовуються. Однак в США та країнах Європи проводяться наукові дослідження, спрямовані на пошук ефективних біоагентів для біологічного контролю фітофага та створення екологічно чистих біопестицидів. При цьому головна роль серед можливих біоагентів діабротики надається ентомопатогенним мікроорганізмам та нематодам.

ВИСНОВКИ

Серед ентомопатогенних грибів *B. bassiana* може викликати загибель личинок до 70%, а імаго — до 75%. Також *B. bassiana* впливає на скорочення плодючості самиць і може знизити відкладання ними яєць до 70%. Інший ентомопатогенний грибок — *Metarrhizium anisopliae* — здатен викликати загибель 47% личинок та 97% імаго.

Поміж ентомопатогенних бактерій найбільшу ентомоцидну активність до ЗКЖ проявили *B. thuringiensis* (штам Сан-Дієго), який викликав загибель імаго до 80%, бактерії *Chromobacterium subsugae* при інфікуванні якими смертність імаго досягала 40%, та бактерії роду *Wolbachia*, які значно обмежували репродуктивну здатність самиць діабротики.

Особливої уваги, як потенційні біоагенти ЗКЖ, заслуговують ентомопатогенні нематоди. Високу ентомоцидну активність до шкідника проявили нематоди *S. carpocapsae*, які викликали в лабораторних та польових умовах загибель шкідника до 93,3%.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Boucias D. G. Principles of insect pathology / D.G. Boucias, J.C. Pendland — Kluwer Academic Publ., Boston, USAA. — 1998. — 548 p.
2. Bravo A. Bacillus thuringiensis: Mechanism and Use / A. Bravo,

M. Soberon, S.S. Gill // *Comprehensive Molecular Insect Science*. — 2005. — Vol. 6. — P. 175–205.

3. *Bruck D.J.* Adult *Diabrotica* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae) infection at emergence with indigenous *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) / D.J. Bruck, L.C. Lewis // *Journal of Invertebrate Pathology*. — 2001. — Vol. 77. — P. 288–289.

4. *Brust G.E.* Predatory activity and predation in corn agroecosystems / G.E. Brust, B.R. Stinner, D.A. McCartney // *Environmental Entomology*. — 1986. — Vol. 15. — P. 1017–1021.

5. *Consolo V.F.* Pathogenicity, formulation and storage of insect pathogenic hyphomycetous fungi tested against *Diabrotica speciosa* / V.F. Consolo, G.L. Salerno, C.M. Beron // *BioControl*. — 2003. — Vol. 48. — P. 705–712.

6. *Degrugiller M. E.* Nonoccluded, cytoplasmic virus particles and rickettsia-like organisms in testes and spermathecae of *Diabrotica virgifera* / M.E. Degrugiller, S.S. Degrugillier, J.J. Jackson // *Journal of Invertebrate Pathology*. — 1991. — Vol. 57. — P. 50–58.

7. *Giordano R.* The role of Wolbachia bacteria in reproductive incompatibilities and hybrid zones of *Diabrotica* beetles and *Gryllus* crickets / R. Giordano, J. Jackson H. Robertson // *Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America*. — 1997. — Vol. 94. — P. 11439–11444.

8. *Goettel M. S.* Entomopathogenic fungi and their role in regulation of insect populations / M.S. Goettel, J. Ellenberg, T. Glare // *Comprehensive Molecular Insect Science*, 2005. — Vol. 6. — P. 361–405.

9. *Greathead D.J.* A Review of Biological Control in Western and Southern Europe / Greathead D.J. — Technical communication 7, Slough, UK: CABI Publishing, 1976. — 182 p.

10. *Grozea I.* Natural enemies in control of invasive species *Diabrotica virgifera virgifera* from maize crops / I. Grozea, A. Carabet // *Agric Appl Biol Sci*. — 2008. — Vol. 73 (3). — P. 501–508.

11. *Heineck-Leonel M.A.* Incidence of parasitoids and pathogens of *Diabrotica speciosa* (Germ.) (Coleoptera: Chrysomelidae) in Pelotas RS / M.A. Heineck-Leonel, L.A. Salles // *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil*. — 1997. — Vol. 26. — P. 81–85.

12. *Herrnstadt C.* Cotton boll weevil, alfalfa weevil, and corn rootworm via contact with a strain of *Bacillus thuringiensis* / C. Herrnstadt, G.C. Soares // *United States Patent, US 4 797 276*. — 1989.

13. *Kaya H. K.* Entomopathogenic nematodes / H.K. Kaya, R. Gaugler // *Review of Entomology*. — 1993. — 38. — P. 181–206.

14. *Kim K. S.* Nonoccluded baculovirus- and filamentous virus-like particles in the spotted cucumber beetle, *Diabrotica* (Coleoptera: Chrysomelidae) / K.S. Kim, E.W. Kitajima // *Journal of Invertebrate Pathology*. — 1984. — Vol. 43. — P. 234–241.

15. *Kinney K.K.* Field evaluations of *Beauveria bassiana* for control of corn rootworm larvae: root protection and yield / K.K. Kinney, J.V. Maddox // Illinois insecticide evaluation: forage, field, and vegetables crops. Illinois, USA; University of Illinois. — 1989. — P. 28—32.
16. *Krieg A.* *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis*, a new pathotype effective against larvae of Coleoptera / A. Krieg, A.M. Huger // Zeitschrift für angewandte Entomologie. 1983. — Vol. 96. — P. 500—508.
17. *Krueger S.R.* Soil treatment with entomopathogenic fungi for corn rootworm larval control / S.R. Krueger, D.W. Roberts // Biological Control. — 1997. — Vol. 9. — P. 67—74.
18. *Kuhlmann U.* Possibilities for biological control of the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, in Central Europe / U. Kuhlmann, A. Wiard, C.M. Van Der Burgt // Biocontrol News and Information. — 1998. — Vol. 19 No. 2. — P. 59—68.
19. *Kurtz B.* Assessment of establishment and persistence of entomopathogenic nematodes for biological control of western corn rootworm / B. Kurtz, S. Toepfer, U. Kuhlmann // J Appl Entomol.—2007. — Vol. 131(6). — P. 420—425.
20. *Lacey L.A.* Insect pathogens as biological control agents: Do they have a future? / L.A. Lacey, R. Frutos, H.K. Kaya // Biological Control. — 2001. — Vol. 21. — P. 230—248.
21. *Levine E.* Management of diabroticite rootworms in corn / E. Levine, H. Oloumi-Sadeghi // Annual Review of Entomology. — 1991. — 36. — P. 229—255.
22. *Mulock B.* Field-cage studies of *Beauveria bassiana* (Hyphomycetes: Moniliaceae) for the suppression of adult western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) / B. Mulock, L. Chandler // Biocontrol Science and Technology. — 2000. — Vol. 10. — P. 51—60.
23. *Mulock B. S.* Effect of *Beauveria bassiana* on the fecundity of western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) / B.S. Mulock, L.D. Chandler // Biological Control. — 2001. — Vol. 22. — P. 16—21.
24. *Nickle W.R.* Effects of Pesta-pelletized *Steinernema* on Western Corn Rootworms and Colorado Potato Beetles / W.R. Nickle, W.J. Conick, W.W. Cantelo // Journal of Nematology, 1994. — Vol. 26. — P. 249—250.
25. *Pianoski J.* Efficiency of *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill. for the control of *Diabrotica* with different fertilizer treatments / J. Pianoski, E. Bertucci, N. Teixeira // Ecosystema. — 1990. — Vol. 15. — P. 24—35.
26. *Pilz C.* Natural occurrence of insect pathogenic fungi and insect parasitic nematodes in *Diabrotica virgifera virgifera* populations / C. Pilz, R. Wegensteiner, S. Keller // J. Bio Control, Springer Netherlands, 2008. — Vol. 53 (2). — P. 353—359.
27. *Poinar G.O.* Field test of the entomogenous nematode, *Neoplectana*

carpocapsae. for control of corn rootworm larvae (*Diabrotica* sp., Coleoptera) / G.O. Poinar, J.S. Evans, E. Schuster // *Prot Ecol.* — 1983. — Vol. 5. — P. 337—342.

28. *Rupar M.J.* Two novel strains of *Bacillus thuringiensis* toxic to coleopterans / M.J. Rupar, W.P. Donovan, Groat R.G. // *Applied and Environmental Microbiology.* — 1991. — Vol. 57. — P. 3337—3344.

29. *Rusell S.* Selective Process for Efficient Isolation of Soil *Bacillus* spp. / S. Rusell, A.W. Phyllis // *Applied and environmental microbiology.* — 1987. — Vol. 53, No. 6. — P. 1263—1266.

30. *Toepfer S.* Survey for natural enemies of the invasive alien chrysomelid *Diabrotica virgifera virgifera* in Central Europe / S. Toepfer, U. Kuhlmann // *BioControl.* — 2004. — Vol. 49. — P. 385—395.

31. *Toepfer S.* Screening of entomopathogenic nematodes for virulence against the invasive western corn rootworm *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) in Europe / S. Toepfer, C. Gueldenzoph // *Bull Entomol.* — 2005. — Vol. 95. — P. 473—482.

32. *Tyth F.* Field Data on the Presence of Spiders Preying on Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Szeged Region, Hungary / F. Tyth, L. Horvóth. // *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica.* — 2002. — Vol. 37 (1—3). — P. 163—168.

33. *Tran M.T.* Bacteria isolated from southern corn rootworms, *Diabrotica undecimpunctata howardi* (Coleoptera, Chrysomelidae), reared on artificial diet and corn / M.T. Tran, Marrone P.G. // *Environmental Entomology,* 1988. — Vol. 17. — P. 832—835.

34. *Wright R.J.* Efficacy and persistence of *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) applied through a center-pivot irrigation system against larval corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae) / R.J. Wright, J.F. Witkowski // *J. Econ. Entomol.,* 1993. — Vol. 86. — P. 1348—1354.

Сикюра А.А., Сикюра А.А. Роль биологических агентов в регуляции численности западного кукурузного жука

Проведенный анализ литературных источников относительно исследований по выявлению биоагентов в странах Европы и Америки и изучение их энтомоцидного действия показал перспективность применения природных регуляторов численности вредителей против личинок и имаго западного кукурузного жука.

Sikura O.O., Sikura O.A. The role of biological agents in the regulation of the number of western corn rootworm

The analysis of the literature about research of bio-agents detects in Europe and US was conducted. Bio-agents insecticidal action was showed perspective of natural regulators of population that were applied against western corn rootworm larvae and imago.