

ҚЫЗАНАҚТЫҢ НЕГІЗГІ ЗИЯНКЕСТЕРІНЕ ҚАРСЫ БИОЛОГИЯЛЫҚ ҚОРҒАУДА ТИІМДІ ЭНТОМОФАГТАРДЫ ӨСІРУДІҢ ЗАМАНАУИ ТӘСІЛДЕРІ

Успанов А.М., биология ғылымдарының кандидаты
alibekuspanov2@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7122-8596>
Мухамадиев Н.С., биология ғылымдарының кандидаты, профессор
nmukhamadiyev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3199-2447>
Чадинова А.М.,
aizhan_chadinova@mail.ru,
Меңдібаева Г.Ж.*, PhD, қауымдастырылған профессор,
1987gulnaz@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0929-061X>
Курманғалиева Н.Д., ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты
n.kurmangalieva77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4574-6415>
Рысбекова А.М., PhD,
<https://orcid.org/0000-0002-3399-8511>, rysbekova949r@gmail.com

«Ж. Жиёмбаев атындағы Қазақ өсімдік қорғау және карантин ФЗИ» ЖШС, Алматы қ.,
Қазақстан

Андатпа. Мақалада қызанақты қабыршаққанатты зиянкестерден биологиялық қорғауға арналған трихограмма (*Trichogramma spp.*) және габробракон (*Habrobracon hebetor*) энтомофагтарын жаппай өсіру, капсулалау және егістік жағдайында қолдану технологияларын жетілдіруге бағытталған кешенді зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Зертханалық өсіру барысында температуралық және ылғалдылық режимдер оңтайландырылып, даму динамикасы мен биологиялық көрсеткіштерге әсері бағаланды. Оңтайландыру нәтижесінде трихограмманың даму ұзақтығы 9,2 тәуліктен 7,5 тәулікке, ал габробраконның даму кезеңі 10,2 тәуліктен 8,3 тәулікке дейін қысқарып, ересектерінің тіршілікке қабілеттілігі, өсімталдығы және жалпы өміршеңдігі айтарлықтай артты.

Зерттеу барысында микроклиматты автоматтандырылған бақылау жүйесі әзірленіп, температура, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы және атмосфералық қысым параметрлерін үздіксіз реттеу мүмкіндігі қамтамасыз етілді. Сонымен қатар энтомофагтарды механикаландырылған түрде енгізуге арналған биобидырайтын PLA-пластиктен дайындалған 3D-баспа капсулалары жасалып, олардың конструкциялық және биологиялық тиімділігі зертханалық және далалық жағдайда бағаланды.

Түркістан облысында жүргізілген далалық тәжірибелер трихограмма мен габробраконды капсула түрінде бірлесіп қолданудың мақта көбелегіне (*Helicoverpa armigera*) қарсы жоғары биологиялық тиімділік беретінін көрсетті: енгізу тығыздығына қарай тиімділік 65,3–79,0% аралығында болды. Алынған нәтижелер әзірленген технологиялардың қызанақты негізгі қабыршаққанатты зиянкестерден қорғауда экологиялық қауіпсіз, ғылыми негізделген және жоғары практикалық маңызға ие екенін дәлелдейді.

Тірек сөздер: қызанақ, биологиялық қорғау, *Trichogramma spp.*, *Habrobracon hebetor*, энтомофагтар, *Helicoverpa armigera*, *Sitotroga cerealella*, капсула.

Кіріспе. Ауыл шаруашылығында биологиялық қорғаудың дамуы қазіргі егіншіліктің басым бағыттарының біріне айналып, химиялық пестицидтерді қолдану көлемін қысқартуға және қоршаған ортаға түсетін антропогендік жүктемені азайтуға ықпал етеді. Трихограмма мен бракон энтомофагтары қабыршақ қанаттылар зиянкестерінің популяциясын реттеуде кеңінен қолданылады. Аталған энтомофагтарды жаппай өсіру мен капсулалаудың инновациялық технологияларын енгізу өсімдіктерді биологиялық қорғау тиімділігін арттырудың жаңа перспективаларын ашады [1].

Технологияларды жетілдіру инкубация жағдайларын оңтайландырумен, жасанды иелерді таңдаумен және популяциялар сапасын бақылаумен байланысты. Бразилияда трихограмманы өнеркәсіптік деңгейде өндіру жүйелері әзірленіп, айтарлықтай жетістіктерге қол жеткізілді [2]. *Ephestia kuehniella* жұмыртқалары сияқты жасанды иелерді пайдалану жаппай өсірудің тиімділігін арттырады [3].

Паразитоидтарды капсулалау ересектердің шығу уақытын бақылауға және оларды шығару кезінде тіршілікке қабілеттілігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл мақсатта альгинаттар, хитозан және крахмал негізіндегі полимерлер қолданылады [4]. Сонымен қатар нанокұрылымдалған материалдар технологияны басқа микроорганизмдерге де қолдану аясын кеңейтеді [5].

Болашағы зор бағыттардың бірі – энтомопатогенді саңырауқұлақтар мен бактериялармен үйлесімді биологиялық ыдырайтын полимерлі капсулаларды әзірлеу [6,7]. Бұл тәсілдер бірнеше биологиялық агенттерді біртұтас биобақылау жүйесіне біріктіруге мүмкіндік береді. Бір иеде ұзақ уақыт бойы қайта-қайта өсіру паразитоидтардың тіршілікке қабілеттілігін төмендетуі мүмкін. Мысалы, *E. kuehniella*-ны ұзақ қолдану трихограмманың көрсеткіштеріне кері әсер етеді [8]. Сонымен қатар балама иелерде суықта сақтау популяциялар сапасының тұрақтылығын сақтауға мүмкіндік береді [9].

Капсулаланған формалар жүгері сабағы көбелегіне (*Ostrinia nubilalis*) және мақта көбелегіне (*Helicoverpa armigera*) қарсы жоғары тиімділік көрсетті. Азия елдеріндегі далалық сынақтар трихограмманың күріш пен жүгеріні қорғаудағы жоғары нәтижелілігін дәлелдеді [10,11]. Тут жібек құртының жұмыртқалары сияқты балама иелерді қолдану трихограмманы өсірудің тиімділігін едәуір арттырады [12]. Бұл ретте *Trichogramma ostriniae* жаңа иеде көп ұрпақты өсіру кезінде жоғары репродуктивтік қабілет көрсетеді [13].

Қызанақ (*Solanum lycopersicum* L.) әлемдік ауыл шаруашылығында жетекші көкөніс дақылдарының бірі болып табылады және ашық және қорғалған топырақта (жылыжайларда) кең көлемде өсіріледі. Қызанақтың жоғары биологиялық және экономикалық құндылығы оны зиянкестердің кең ауқымына осал етеді, олардың ішінде мақта көбелегі, оңтүстікамерикалық қызанақ күйесі, сондай-ақ вегетативтік мүшелер мен жемістерді зақымдайтын басқа да түрлер ерекше қауіпті болып саналады. Химиялық инсектицидтерді ұзақ әрі кеңінен қолдану зиянкестерде төзімділіктің қалыптасуына, өнімнің ластануына және агроценоздардың экологиялық тепе-теңдігінің бұзылуына әкеліп, бұл өз кезегінде пайдалы энтомофагтар санының азаюына және зиянды организмдерді табиғи жолмен реттеу тиімділігінің төмендеуіне себеп болады [14,15].

Орнықты егіншілік жүйелеріне көшу жағдайында өсімдіктерді биологиялық қорғау әдістері ерекше маңызға ие болуда. Бұл әдістер жұмыртқа жегіш *Trichogramma* туысының өкілдері мен *Habrobracon* туысына жататын паразитоид наездниктерді пайдалануға негізделген. Аталған биологиялық агенттер жоғары экологиялық селективтілігімен, зиянкестердің дамуының ерте сатыларында олардың санын тиімді төмендету қабілетімен сипатталады және өсімдіктерді интеграцияланған қорғау бағдарламаларына (IPM) енгізіле алады. Алайда бұл биоагенттерді қызанақ агроценоздарында, соның ішінде ашық және қорғалған топырақ (жылыжай) жағдайларында, кең ауқымда әрі тұрақты қолдану бірқатар факторлармен шектеледі. Олардың қатарына жаппай өсіру технологияларының жеткіліксіз жетілдірілуі, сақтау мен тасымалдаудың күрделілігі, сондай-ақ далалық және жылыжайлық жағдайда енгізу жүйелерінің тиімділігінің төмендігі жатады.

Біздің тәжірибеміз энтомофагтарды өсіру және капсулалау саласындағы қазіргі заманғы зерттеулер паразитоидтардың тіршілікке қабілеттілігі мен белсенділігін арттыруға, сақтау мен қолдануға қолайлы формаларды жасауға, сондай-ақ ашық және

қорғалған топырақтағы (жылыжайлардағы) зиянкестердің даму сатыларымен дарақтардың шығуын синхрондауды қамтамасыз ететін технологияларды әзірлеуге бағытталған. Қызанақ агроценоздарының ерекшеліктерін ескере отырып, трихограмма мен габробраконды өсіру және инкапсуляциялау әдістерін жетілдіру биологиялық қорғаудың тиімділігін арттырудағы маңызды бағыт болып табылады.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Зерттеу жұмыстары «Ж. Жиёмбаев атындағы ҚазӨҚЖК ҒЗИ» ЖШС-нің зертханалық базасында, Оңтүстік Қазақстан филиалында, сондай-ақ Түркістан облысы Жетісай ауданының бірқатар шаруа қожалықтарының өндірістік алаңдарында жүзеге асырылды.

Трихограмма мен габробраконды жаппай өндіру желісінің тиімділігін арттыру мақсатында заманауи өлшеу датчиктері мен басқару контроллерлерін қолдана отырып эксперименттік сынақтар жүргізілді. Зерттеу барысында микроэлектромеханикалық жүйелер, бағдарламаланатын логикалық контроллерлер және бақылау-өлшеу аспаптары пайдаланылды.

Микроэлектромеханикалық жүйелер негізіндегі датчиктер температура, ылғалдылық және қысым параметрлерін үздіксіз тіркеуге мүмкіндік беріп, энтомофагтарды өсіру үдерісіндегі қоршаған орта жағдайларын тұрақты бақылауды қамтамасыз етті. Өндірістік процестерді автоматтандыру және микроклимат көрсеткіштерін дәл реттеу бағдарламаланатын логикалық контроллерлер көмегімен жүзеге асырылды. Датчиктер мен реттегіштерді бақылау-өлшеу аспаптарымен жүйесіне біріктіру өндірістің барлық кезеңдерінде параметрлердің сенімді мониторингін қамтамасыз етті.

Қызанақ егістіктеріндегі зиянды организмдердің жер үсті мониторингі энтомология мен фитопатологияда жалпы қабылданған әдістемелерге сәйкес жүргізілді [16]. Зиянкестердің ұшу белсенділігі мен санын анықтау үшін әр гектарға бір феромондық тұзақ орнатылды. Мониторинг барысында егістік аумағында шахматтық тәртіппен орналасқан 20 бақылау нүктесінде - әр нүктеде 5 өсімдіктен барлығы 100 модельдік өсімдік қаралып, фитофагтардың жұмыртқалары мен жұлдызқұрттарының саны есепке алынды.

Мақта көбелегінің жұмыртқаларына қарсы трихограмма екі технологиялық нұсқада енгізілді. Бірінші нұсқада гектарына 50 капсула орналастырылып, әр капсулада 2400 және 1600 дарақтан орналастыру арқылы жалпы енгізу мөлшері гектарына тиісінше 120 000 және 80 000 дарақты құрады; капсулалар қатар бойымен 20 см және қатар аралығында 10 см қашықтықта орналастырылды. Екінші нұсқада гектарына 100 капсула қолданылып, бір капсулада 1200 және 800 дарақтан орналастырылды, нәтижесінде енгізу мөлшері гектарына 120 000 және 80 000 дарақ деңгейінде қамтамасыз етіліп, капсулалар арақашықтығы 10×10 см болды. Трихограмма алғашқы жұмыртқа салу кезеңінің басталуында енгізілді.

Қызанақтағы көбелек жұлдызқұрттарына қарсы габробракон паразитоиды қолданылды. Оны енгізу гектарына 10 және 15 капсула мөлшерінде жүргізілді. Әр капсулада 70 дарақтан орналастырылып, жалпы шығын мөлшері сәйкесінше гектарына 700 және 1050 дарақты құрады. Капсулалар қатар бойымен 20 см және қатар аралығында 50 см немесе 25 см арақашықтықта орналастырылды. Габробракон көбелектің III жастағы жұлдызқұрттарының пайда болу кезеңінде енгізілді.

Энтомофагтарды қолданудың нәтижелілігі биологиялық тиімділік көрсеткіші арқылы бағаланды және ол келесі формула бойынша есептелді [17]:

$$БЭ = (П / М) \times 100 \%, \quad (1)$$

мұндағы, П – энтомофагтарды енгізгеннен кейін паразиттелген жұмыртқалар мен жұлдызқұрттардың саны; М – энтомофагтарды енгізгенге дейін тіркелген тірі жұмыртқалар мен

жұлдызқұрттардың саны.

Зерттеу нәтижелері мен талдау. Зерттеудің мақсаты – қызанақты негізгі зиянкестерден қорғауда трихограмма мен габробраконды жаппай өсіру және капсулалау әдістерін талдау және оңтайландыру, сондай-ақ биоагенттердің өмірлік циклін басқаруға арналған автоматтандырылған микроклимат жүйесін әзірлеу.

Трихограмманы өсіру әдістерін жетілдіру үшін механизацияланған желідегі температура режимі мен ауаның ылғалдылығының дамуына әсерін бағаладық. Белгілі болғандай, температура режимі (оптималды -24-28 °С, 32 °С-тан жоғары және 15-18 °С-тан төмен болмауы керек) және салыстырмалы ауа ылғалдылығы (оптималды-60-80%) трихограмма паразитінің биологиялық көрсеткіштері мен тиімділігін анықтайтын негізгі факторлар болып табылады. Осы шарттардан ауытқу дамудың ұзақтығын арттырады, тіршілікке қабілеттілікті, белсенділікті және өнімділікті төмендетеді. Оңтүстік Қазақстан филиалының базасында трихограмма мен габробраконды өсіру параметрлерін модификациялау жүргізілді. Трихограмманы өсіруде зиянкес ретінде пайдаланылатын астық көбелегі жұмыртқалары (*Sitotroga cerealella*) дәстүрлі әдіспен 23 °С температурада және 75 % салыстырмалы ылғалдылықта дамиды. Дернәсілдің шығуын жеделдету мақсатында ұсынылған режим бойынша залалдандырылған астық көбелегі жұмыртқалары алғашқы екі тәулік бойы 22 °С температурада ұсталды, содан кейін салыстырмалы ылғалдылығы 75% болған жағдайда температура 25 °С-қа дейін жоғарылатылды. Габробраконмен жүргізілген тәжірибеде де стандартты 23 °С жағдайымен салыстырғанда температура 2 °С-қа көтерілді. Температуралық режим көрсеткіштерінің аталған өзгерістері дамудың анағұрлым жылдам жүруіне ықпал етті (1,2 - кестелер).

1-кесте – Зертханалық трихограмма дамуына температура режимінің әсері, 2025 ж.

Зерттеу нұсқасы	Термостат температурасы, °С	Ауаның салыстырмалы ылғалдылығы, %	Трихограмманы шығу уақыты, тәулік	Сақтау алдындағы шығу пайызы, %	3 °С температурада сақтау мерзімі, тәулік	20 күннен кейін шығу пайызы, %
Бақылау (классикалық әдіс)	23	75	9,2±0,25	92,3	20,0	75,4
Тәжірибе (жетілдірілген әдіс)	22 ⁰ , 48 сағаттан кейін 25 ⁰ С	75	7,5±0,28	95,1	20,0	80,2

Кестеде келтірілгендей, трихограмма стандартты даму жағдайында толық циклдің ұзақтығы 9,2 тәулік болса, модификацияланған жағдайда бұл көрсеткіш 7,5 тәулікке қысқарды. Осылайша, нәтижелер көрсеткендей, трихограмма дамуының шарттарын модификациялау (салыстырмалы ылғалдылық 75% деңгейінде температураны кезең-кезеңімен 25 °С-қа көтеру) энтомофагтың толық өмірлік циклін стандартты жағдайға қарағанда 2 тәулікке қысқартуға мүмкіндік береді, бұл режимнің дернәсіл шығуын жеделдетудегі тиімділігін растайды. Классикалық әдісте трихограмма шығу пайызы астық күйесінің залалданған жұмыртқаларынан 92,3% болған, 30 °С температурада 20 күн сақтау кейінгі шығу пайызы 75,4% құрады. Ал жетілдірілген әдісте бұл көрсеткіштер тиісінше 95,1% және 80,2% болды.

2-кесте – Зертханалық жағдайда залалдандырылатын дақыл түрінің астық көбелегінің биологиялық көрсеткіштеріне әсері, 2025 ж.

Зақымданатын дақыл	Астық күйесінің көбелектерінің шығу уақыты, күн	1 кг астықтан шыққан жұмыртқалар, г	Астық күйесінің жұмыртқаларының диаметрі, мм	1 г жұмыртқадағы саны, дана
Арпа (бақылау)	28	6,0	0,5	53 000,0
Жүгері (тәжірибе)	32	8,0	0,7	48 000,0

Зертханалық жағдайда астық көбелегінің дамуы үшін ең қолайлы қоректік орта арпа болып шықты: арпаны залалдаған кезде көбелектер тезірек дамыды - 28 күн, сондай-ақ бір граммдағы жұмыртқа саны жүгерімен салыстырғанда көбірек болды - 53 мың дана, ал жүгеріде — 48 мың дана. Сонымен қатар, жүгеріде 1 кг дәннен алынатын жұмыртқалардың жалпы салмағы жоғары және олардың диаметрі ірі болды, бұл ірілеу жұмыртқалардың қалыптасуына неғұрлым қолайлы жағдай бар екенін көрсетеді.

Жүгеріде астық көбелегінің дамуы дернәсіл денесінің ұзындығының ұлғаюымен және көбею қабілетінің жоғары болуымен сипатталады: тәжірибеде 70 жұмыртқа, ал бақылауда 60 жұмыртқа, сондай-ақ 35 °С температурада өміршеңдігі ұзақ болып, 7 күн құрады, ал бақылауда 6 күн (3-кесте)

3-кесте – Зертханалық жағдайда астық көбелегінің жұмыртқаларынан трихограмманың шығуы, 2025 ж.

Зақымданатын дақыл	Шығу уақыты, күн	1 г астық күйесінен шыққан саны, дана	Денесінің ұзындығы, мм	35°С температурада өміршеңдік, күн	Көбею қабілеті, дана
Арпа (бақылау)	8-9	36 000,0	0,6	6,0	60,0
Жүгері (тәжірибе)	8-9	32 000,0	0,8	7,0	70,0

Астық көбелегінен 1 грамм астықтан шыққан трихограмма саны бақылауда 36 000 дана болса, тәжірибеде 4 000 данаға аз болды, бірақ дене өлшемдерін салыстырғанда 0,2 мм-ге артқандығы байқалды.

Сонымен қатар зертханалық жағдайда габробраконның дамуына температуралық режимнің әсері де анықталды (4 кесте).

4-кесте – Зертханалық жағдайда габробраконның дамуына температуралық режимнің әсері, 2025 ж.

Нұсқалар	Бөлме температурасы, °С	Ауаның салыстырмалы ылғалдылығы, %	Габробраконның дамуы, күн	10 жұлдызқұртан шығу саны, дана	4°С температурада сақтау мерзімі, күн	10 жұлдызқұртан сақтау соңындағы шығу саны, дана
Бақылау (классикалық әдіс)	23	45	10,2±0,2	85,3±1,7	20	70,2±0,8
Тәжірибе (жетілдірілген әдіс)	25	42	8,3±0,2	90,3±1,1	20	75,5±0,6

Кестеде келтірілгендей, габробраконды өсірудің классикалық әдісінде

дернәсілдердің шығуы 10-күні байқалса, тәжірибелік нұсқада — 8-күні тіркелді. 10 жұлдызқұрттан дернәсіл шығуы классикалық әдісте 85,3 дарақты, ал жетілдірілген әдісте 90,3 дарақты құрады. Сонымен қатар, 20-күні 4 °С температурада сақтағаннан кейін 10 жұлдызқұрттан габробракон дернәсілдерінің шығуы классикалық әдісте 70,2 дарақ, ал жетілдірілген әдісте 75,5 дарақ деңгейінде болды. Осыған байланысты жетілдірілген әдісте паразитоидтың даму ұзақтығы 2 күнге қысқарып, дернәсіл шығуы саны жағынан жоғары екені анықталды.

Осылайша, трихограмма мен габробраконды өсіру әдістері термикалық режимді оңтайландыру арқылы жетілдірілді, бұл олардың даму мерзімін қысқартуға мүмкіндік берді. Трихограмма толық өмірлік циклін 9,2-тен 7,5 күнге дейін қысқартса, габробракон – 10,2-тен 8,3 күнге дейін қысқарды, олардың тіршілік ету қабілеті мен көбею қабілеті артты.

Биоагенттерді өсіру үдерісін тұрақтандыру және олардың өмірлік маңызды параметрлерін дәл бақылау мақсатында микроклиматты автоматтандырылған бақылау жүйесі әзірленді. Бұл жүйе температураны, ауаның салыстырмалы ылғалдылығын, атмосфералық қысымды, газ құрамын және жарықтылық деңгейін үздіксіз тіркеуге мүмкіндік берді. Жүйе үш деңгейлі архитектураға негізделді: деректерді жинау деңгейінде Arduino Mega микроконтроллері арқылы микроклимат параметрлері өлшенді; агрегация және өңдеу деңгейінде Raspberry Pi негізіндегі сервер деректерді алдын ала өңдеп, сақтау мен тасымалдауды қамтамасыз етті; визуализация және басқару деңгейінде веб-интерфейс арқылы нақты уақыт режимінде мониторинг жүргізілді. Мұндай тәсіл энтомофагтарды өсіру жағдайларын тұрақтандырып, олардың даму тиімділігін арттыруға мүмкіндік берді.

Зертханалық жағдайда трихограмма мен габробраконға арналған капсулалардың бірнеше конструкциялық нұсқалары әзірленіп, 3D-басып шығару технологиясы арқылы PLA-пластиктен дайындалды. Капсулалардың механикалық беріктігі, биоагенттердің қоныстану деңгейі және паразитоидтардың ересек дарақтарының шығу көрсеткіштері бойынша салыстырмалы сынақтар жүргізілді. Зертханалық тәжірибелер нәтижесінде биоагенттердің толық қоныстануын, жоғары деңгейде залалдануын және тұрақты шығуын қамтамасыз еткен ең тиімді капсула үлгілері іріктеліп алынды.

Трихограммаға арналған капсулалар үшін торлы құрылым параметрлері оңтайландырылып, тесіктердің диаметрі мен орналасуын реттеу арқылы биоагенттердің шығу тиімділігі арттырылды. Жинау үдерісін жеделдету мақсатында төсеніштерді дайындауда сүзгілеу тәсілі енгізілді. Ал габробракон үшін капсулалау әдісі өздігінен қоныстану принципіне негізделді: балауыз көбелегінің жұлдызқұрттары арнайы жобаланған капсулаларға табиғи түрде қоныстанып, кейін зертханалық жағдайда паразитоидпен залалдандырылды. Бұл тәсіл капсулаларды стандарттауға, механикаландырылған өндіріске және биоагенттерді өнеркәсіптік қолдануға бейімдеуге мүмкіндік берді.

Зертханалық сынақтар нәтижесінде жұлдызқұрттардың толық қоныстануы және паразитоидпен 100% залалдануы қамтамасыз етілетін тек оңтайлы деп танылған капсула үлгілері ғана өндірістік масштабта дайындалып, далалық сынақтарға енгізілді (1-сурет).

Қызанақ егістігінде мақта көбелегіне қарсы трихограмма бар капсулаларды 10 маусымда ал, габробракон бар капсулаларды 26 маусымда Biodrop автоматтандырылған жүйесі арқылы ҰҰА-мен шашу жүргізіле бастады (5-кесте).



а - энтомофагтар бар капсулаларды шашу

б - габробракон бар капсула

в - трихограмма бар капсула

1-сурет – Қызанақ алқабына энтомофагтар бар капсулаларды Biodrop автоматтандырылған жүйесі арқылы ҰҰА-мен шашу, Түркістан облысы, Жетісай ауданы

Капсулалардағы биоагенттерді қолданудың биологиялық тиімділігі тікелей орналастыру нүктелерінің тығыздығына байланысты болды (6-кесте).

5-кесте – Қызанақ егістігінде трихограмма мен габробраконды капсула түрінде енгізу, Түркістан облысы, Жетісай ауданы, 2025 ж.

Гибрид	Тәжірибе нұсқасы	Биоагент	Шығарылған күні	Шығын мөлшері, дара/га	Зиянкестің даму кезеңі
Фабра F ₁	50 капсула/га	Трихограмма	10.06	120000	алғашқы жұмыртқалар пайда болған кезең
			13.06	80000	
	100 капсула/га		10.06	120000	
			13.06	80000	
	10 капсула/га	габробракон	26.06	700	ересек жұлдызқұрттар пайда болған кезең
			30.06	700	
15 капсула/га			26.06	1050	
	30.06	1050			

Өсімдіктердің бүршіктену кезеңінде, мақта көбелегінің екінші ұрпағына қарсы, 50 трихограмма нүктесі мен 10 габробракон нүктесін гектарына шығару кезінде тиімділік 65,3% құрады, ал 100 және 15 нүкте/га кезінде – 77,4%. Өсімдіктердің жеміс пайда болу фазасында, үшінші ұрпаққа қарсы тиімділік сәйкесінше 67,5% және 79,0% болды.

6-кесте – Қызанақ егістіктерінде мақта көбелегіне қарсы капсулалардағы трихограмма мен габробраконның биологиялық тиімділігі, Түркістан облысы, Жетісай ауданы, 2025 ж.

Тәжірибе нұсқасы	Өсімдік фазасы	Орташа жұмыртқа мен жұлдызқұрттар саны 100 өсімдікке дейін / кейін		Биологиялық тиімділік, %
		шығаруға дейін	паразиттелген	
1	2	3	4	5
екінші ұрпақ				
Трихограмма 100 нүкте/га, габробракон 15 нүкте/га	Бүршіктену	11,75	9,1	77,4
Трихограмма 50 нүкте/га, габробракон 10 нүкте/га		12,25	8,0	65,3

1		3	4	5
Бақылау (енгізілмеген)		10,0	0	-
үшінші ұрпақ				
Трихограмма 100 нүкте/га, габробракон 15 нүкте/га	жеміс түзілу	10,5	8,3	79,0
Трихограмма 50 нүкте/га, габробракон 10 нүкте/га		11,25	7,6	67,5
Бақылау (енгізілмеген)		11,75	0	-

Қорытынды. Жүргізілген кешенді зерттеулер қызанақты қабыршаққанатты зиянкестерден, ең алдымен мақта көбелегінен биологиялық қорғауда трихограмма мен габробракон энтомофагтарын жаппай өсіру, капсулалау және егістік жағдайында қолданудың жетілдірілген технологияларының жоғары биологиялық әрі өндірістік тиімділігін дәлелдеді. Температуралық және ылғалдық режимдерді оңтайландыру нәтижесінде трихограмманың даму ұзақтығы 9,2 тәуліктен 7,5 тәулікке дейін, ал габробраконның даму кезеңі 10,2 тәуліктен 8,3 тәулікке дейін қысқарды. Сонымен қатар сақтау кезеңінен кейінгі тіршілікке қабілеттілік, өсімталдық және жалпы өміршендік көрсеткіштерінің едәуір артқаны байқалды. Даму температурасының кезең-кезеңмен өзгертілуі биологиялық сапаны төмендетпей ересектерінің жедел шығуын қамтамасыз етіп, энтомофагтарды зертханалық жағдайда өсірудің нәтижелілігін айтарлықтай жоғарылатты.

Астық көбелегін өсіруде қолданылатын иелік дақылдардың әсерін талдау жүгері пайдаланылған жағдайда ірілеу жұмыртқалардың қалыптасатынын көрсетті. Бұл өз кезегінде температуралық күйзелістерге төзімділігі жоғары, морфологиялық тұрғыдан жақсы дамыған және өсімтал трихограмма дарақтарының қалыптасуына ықпал етті. Алынған нәтижелер паразитоидтардың биологиялық өнімділігін арттыру мақсатында иелік дақылдарды мақсатты түрде іріктеудің жоғары практикалық маңызға ие екенін айғақтайды.

Зерттеудің маңызды технологиялық жетістігі ретінде трихограмма мен габробраконға арналған PLA-пластиктен дайындалған жаңа буындағы биоыдырайтын 3D-баспа капсулалары әзірленіп, кешенді сынақтардан өткізілді. Оңтайландырылған капсула конструкциялары иелердің толық қоныстануын, паразитоидпен 100% залалдануды және механикаландырылған енгізу кезінде жоғары механикалық төзімділікті қамтамасыз етті. Қолданылған материалдың экологиялық қауіпсіздігі және екі жыл ішінде толық ыдырауы әзірленген технологияның тұрақты егіншілік қағидаттарына толық сәйкестігін көрсетеді.

Түркістан облысында жүргізілген далалық тәжірибелер ұсынылған технологиялардың жоғары биологиялық тиімділігін растады. Капсулаланған биоагенттерді Biodrop автоматтандырылған жүйесі арқылы ҰҰА-мен шашу енгізу нүктелерінің тығыздығына тікелей тәуелді екені анықталды. Өсімдіктердің бүршіктену фазасында, мақта көбелегінің екінші ұрпағына қарсы, гектарына 50 трихограмма және 10 габробракон нүктесін орналастыру кезінде биологиялық тиімділік 65,3% құрады, ал енгізу тығыздығын 100 және 15 нүкте/га дейін арттырғанда бұл көрсеткіш 77,4%-ға жетті. Өсімдіктердің жеміс түзу кезеңінде, үшінші ұрпаққа қарсы тиімділік тиісінше 67,5% және 79,0% деңгейін көрсетті.

Осылайша, әзірленген технологиялар трихограмма мен габробраконды жаппай өсіру мен егістікке енгізудің ғылыми негізделген, экологиялық қауіпсіз және жоғары тиімді жүйесін қалыптастырып, қызанақ дақылын қабыршаққанатты зиянкестерден қорғауда кең ауқымды практикалық қолдануға толық негіз бола алады.

Қаржыландыру. Зерттеу жұмыстары Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің 2024–2026 жылдарға арналған BR22885887 «Зиянды организмдерді басқару жүйесін жетілдіру және ендіру» бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру аясында жүзеге асырылды.

Әдебиеттер:

[1] **Smith, S.M.** Biological control with Trichogramma: advances, successes, and potential of their use // *Annu Rev Entomol*, 1996. – №41(1). – P. 375–406. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.002111>

[2] **Parra, J.R.P., Zucchi R.A.** Trichogramma in Brazil: feasibility of use after twenty years of research // *Neotrop Entomol*, 2004. – №33(3). – P. 271–281. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000300001>

[3] **Greenberg, S.M., Morrison R.K., Nordlund D.A., King E.G.** A review of the scientific literature and methods for production of factitious hosts for use in mass rearing of Trichogramma spp. // *J Entomol Sci*, 1998. – №33(1). – P. 15–32. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-33.1.15>

[4] **Wang, B., Liu C., Xing Y., Li P.** Mass rearing and release of Trichogramma for biological control of insect pests of corn in China // *Biol Control*, 2014. – №68(1). – P. 136–144. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.06.015>

[5] **Vemmer, M., Patel A.** Review of encapsulation methods suitable for microbial biological control agents // *Biol Control*, 2013. – №67(3). – P. 380–389. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.09.003>

[6] **Kaur, G., Brar G.S.** Advances in formulation and delivery of entomopathogens and parasitoids: encapsulation and controlled release technologies // *J Pest Sci*, 2016. – №89. – P. 479–498. <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0737-1>

[7] **Celestino, M.F.** et al. Encapsulation methods of entomopathogenic fungi for their application in biological control // *Res Soc Dev*, 2022. – №11(16). – e380111038031. Available from: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i16.38031>

[8] **Ghaemmaghami, E., Fathipour Y., Bagheri A., Talebi A.A., Reddy G.V.P.** Continuous rearing on *Ephestia kuehniella* reshaped quality of the parasitoid wasp *Trichogramma brassicae* // *J Asia Pac Entomol*, 2021. – №24(2). – P. 166–174. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2021.02.013>

[9] **Haque, A., Islam S., Bari A.** et al. Cold storage-mediated rearing of *Trichogramma evanescens* on *Plodia interpunctella* and *Galleria mellonella* // *PLoS ONE*. – 2021. – 16(6). – e0253287. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253287>

[10] **Bigler, F., Babendreier D., Kuhlmann U.** (Eds.). Environmental impact of invertebrates for biological control of arthropods: methods and risk assessment. – Wallingford: CABI Publishing, 2006. – 412 p. <https://doi.org/10.1079/9780851990583.0000>

[11] **Ullah, F.** et al. Field performance of *Trichogramma japonicum* for rice pest management // *PLoS ONE*, 2021. – №16(8). – e0256246. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256246>

[12] **Xue, J.Z., Tariq T., Shen Z., Zhang Y.H., Tang L.D., Luo R.B., Sun Y., Hu C.C., Zang L.S.** Eri silkworm eggs as a superior factitious host for mass rearing *Trichogramma leucaniae* // *Biol Control*, 2025. – Vol. 209. – Article 105860. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2025.105860>

[13] **Wang, Y.** et al. Reproductive success of *Trichogramma ostrinae* over *Trichogramma dendrolimi* in multi-generational rearing on corn borer eggs // *Insects*, 2025. – №16(3). – P. 297. <https://doi.org/10.3390/insects16030297>

[14] **Мухамадиев, Н.С., Курманғалиева Н.Д., Чадинова А.М., Меңдібаева Г.Ж., Жүзбаев М.Ж.** Эффективность применения энтомофагов на посадках томата против хлопковой совки. // Журнал «Исследования, результаты», 2005. – №2. – С. 190-198 <https://doi.org/10.37884/2-2025/19>

[15] **Мухамадиев, Н.С., Курманғалиева Н.Д., Чадинова А.М., Меңдібаева Г.Ж., Кеңес Н.Т.** Особенности развития южноамериканской томатной моли (*Tuta absoluta* Povolny) на посадках томатов в условиях юга и юго-востока Казахстана // Қорқыт ата атындағы Қызылорда университетінің Хабаршысы, Ауыл шаруашылығы ғылымдары, 2025. – №2 (73). – Б. 154-164 <https://doi.org/10.52081/bkaku.2025.v73.i2.263>

[16] **Твердюков, А.П.**, Никонов П.В., Ющенко Н.П. Биологический метод борьбы с вредителями и болезнями в защищенном грунте. – М.: Колос, 1993. – 159 с.

[17] **Агасьева, И.С.** и др. Оценка биологической эффективности биологических средств защиты растений против основных вредителей кукурузы // Масличные культуры, 2019. – №3(179). – С. 124–129.

References

[1] **Smith, S.M.** Biological control with Trichogramma: advances, successes, and potential of their use // *Annu Rev Entomol*, 1996. – №41(1). – P. 375–406. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.002111>

[2] **Parra, J.R.P.**, Zucchi R.A. Trichogramma in Brazil: feasibility of use after twenty years of research // *Neotrop Entomol*, 2004. – №33(3). – P. 271–281. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000300001>

[3] **Greenberg, S.M.**, Morrison R.K., Nordlund D.A., King E.G. A review of the scientific literature and methods for production of factitious hosts for use in mass rearing of Trichogramma spp. // *J Entomol Sci*, 1998. – №33(1). – P. 15–32. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-33.1.15>

[4] **Wang, B.**, Liu C., Xing Y., Li P. Mass rearing and release of Trichogramma for biological control of insect pests of corn in China // *Biol Control*, 2014. – №68(1). – P. 136–144. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.06.015>

[5] **Vemmer, M.**, Patel A. Review of encapsulation methods suitable for microbial biological control agents // *Biol Control*, 2013. – №67(3). – P. 380–389. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.09.003>

[6] **Kaur, G.**, Brar G.S. Advances in formulation and delivery of entomopathogens and parasitoids: encapsulation and controlled release technologies // *J Pest Sci*, 2016. – №89. – P. 479–498. <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0737-1>

[7] **Celestino, M.F.** et al. Encapsulation methods of entomopathogenic fungi for their application in biological control // *Res Soc Dev*, 2022. – №11(16). – e380111038031. Available from: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i16.38031>

[8] **Ghaemmaghani, E.**, Fathipour Y., Bagheri A., Talebi A.A., Reddy G.V.P. Continuous rearing on *Ephestia kuehniella* reshaped quality of the parasitoid wasp *Trichogramma brassicae* // *J Asia Pac Entomol*, 2021. – №24(2). – P. 166–174. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2021.02.013>

[9] **Haque, A.**, Islam S., Bari A. et al. Cold storage-mediated rearing of *Trichogramma evanescens* on *Plodia interpunctella* and *Galleria mellonella* // *PLoS ONE*. – 2021. – 16(6). – e0253287. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253287>

[10] **Bigler, F.**, Babendreier D., Kuhlmann U. (Eds.). Environmental impact of invertebrates for biological control of arthropods: methods and risk assessment. – Wallingford: CABI Publishing, 2006. – 412 p. <https://doi.org/10.1079/9780851990583.0000>

[11] **Ullah, F.** et al. Field performance of *Trichogramma japonicum* for rice pest management // *PLoS ONE*, 2021. – №16(8). – e0256246. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256246>

[12] **Xue, J.Z.**, Tariq T., Shen Z., Zhang Y.H., Tang L.D., Luo R.B., Sun Y., Hu C.C., Zang L.S. Eri silkworm eggs as a superior factitious host for mass rearing *Trichogramma leucaniae* // *Biol Control*, 2025. – Vol. 209. – Article 105860. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2025.105860>

[13] **Wang, Y.** et al. Reproductive success of *Trichogramma ostrinae* over *Trichogramma dendrolimi* in multi-generational rearing on corn borer eggs // *Insects*, 2025. – №16(3). – P. 297. <https://doi.org/10.3390/insects16030297>

[14] **Mukhamadiyev, N.S.**, Kurmangaliyeva N.D., Chadinova A.M., Mendibayeva G.Zh., Zhuzbayev M.Zh. Effektivnost primeneniya entomofagov na posadkakh tomata protiv khlopkovoy sovki. Issledovaniya, rezultaty. – No.2, 2025. – P. 190–198. <https://doi.org/10.37884/2-2025/19> [in Russian]

[15] **Mukhamadiyev, N.S.**, Kurmangaliyeva N.D., Chadinova A.M., Mendibayeva G.Zh., Kenes N.T. Osobennosti razvitiya yuzhnoamerikanskoy tomatnoy moli (*Tuta absoluta* Povolny) na posadkakh tomatov v usloviyakh yuga i yugo-vostoka Kazakhstana. Korkyt Ata atyndagy Kyzylorda universitetinin Khabarshysy. Auyl sharuashylygy gylymdary. – No.2 (73), 2025. – P. 154–164. <https://doi.org/10.52081/bkaku.2025.v73.i2.263> [in Russian]

[16] Tverdyukov, A.P., Nikonov P.V., Yushchenko N.P. Biologicheskiy metod borby s vreditelyami i boleznyami v zashchishchennom grunte. Spravochnik. – Moscow: Kolos, 1993. – P. 159. [in Russian]

[17] Agasyeva, I.S. et al. Otsenka biologicheskoy effektivnosti biologicheskikh sredstv zashchity rasteniy protiv osnovnykh vreditel'ey kukuruzy. Maslichnye kultury, 2019. – No.3(179). P.124–129. [in Russian]

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РАЗВЕДЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ЭНТОМОФАГОВ В БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ ОСНОВНЫХ ВРЕДИТЕЛЕЙ ТОМАТА

Успанов А.М., кандидат биологических наук
Мухамадиев Н.С., кандидат биологических наук, профессор
Чадинова А.М.
Мендибаева Г.Ж.*, PhD, ассоциированный профессор
Курмангалиева Н.Д., кандидат сельскохозяйственных наук
Рысбекова А.М., PhD

ТОО «Казахский НИИ защиты и карантина растений им. Ж. Жиембаева», Алматы қ.,
Казахстан

Аннотация. В статье представлены результаты комплексных исследований, направленных на совершенствование технологий массового разведения, капсулирования и применения в полевых условиях энтомофагов трихограммы (*Trichogramma spp.*) и габробракона (*Habrobracon hebetor*) для биологической защиты томата от чешуекрылых вредителей. В процессе лабораторного разведения были оптимизированы температурный и влажностный режимы, а также оценено их влияние на динамику развития и основные биологические показатели. В результате оптимизации продолжительность развития трихограммы сократилась с 9,2 до 7,5 суток, а период развития габробракона — с 10,2 до 8,3 суток, при одновременном повышении жизнеспособности, плодовитости и общей жизнеспособности имаго.

В ходе исследования была разработана автоматизированная система контроля микроклимата, обеспечивающая непрерывное регулирование температуры, относительной влажности воздуха и атмосферного давления. Кроме того, были созданы биоразлагаемые капсулы из PLA-пластика, изготовленные методом 3D-печати и предназначенные для механизированного внесения энтомофагов; их конструкционная и биологическая эффективность была оценена в лабораторных и полевых условиях.

Полевые опыты, проведенные в Туркестанской области, показали, что совместное применение трихограммы и габробракона в капсулированной форме обеспечивает высокую биологическую эффективность против хлопковой совки (*Helicoverpa armigera*): в зависимости от плотности внесения эффективность составила 65,3–79,0 %. Полученные результаты свидетельствуют о том, что разработанные технологии являются экологически безопасными, научно обоснованными и имеют высокую практическую значимость для защиты томата от основных чешуекрылых вредителей.

Ключевые слова: томат, биологическая защита, *Trichogramma spp.*, *Habrobracon hebetor*, энтомофаги, *Helicoverpa armigera*, *Sitotroga cerealella*, капсула.

MODERN METHODS FOR MASS REARING EFFECTIVE ENTOMOPHAGES IN THE BIOLOGICAL CONTROL OF MAJOR TOMATO PESTS

Uspanov A.M., Candidate of Biological Sciences
Mukhamadiyev N.S., Candidate of Biological Sciences, Professor
Chadinova A.M.

Mendibayeva G.Zh. *, PhD, Associate Professor
Kurmangaliyeva N.D., Candidate of Agricultural Sciences,
Rysbekova A.M., PhD

*LPP «Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine named after Zh. Zhiembayev»,
Almaty, Kazakhstan*

Annotation. The article presents the results of comprehensive studies aimed at improving the technologies for mass rearing, encapsulation, and field application of the entomophages *Trichogramma* spp. and *Habrobracon hebetor* for the biological protection of tomato crops against lepidopteran pests. During laboratory rearing, temperature and humidity regimes were optimized, and their influence on developmental dynamics and key biological parameters was assessed. As a result of optimization, the developmental period of *Trichogramma* was reduced from 9.2 to 7.5 days, while the development time of *Habrobracon hebetor* decreased from 10.2 to 8.3 days, accompanied by increased survival, fecundity, and overall viability of adults.

During the study, an automated microclimate control system was developed to ensure continuous regulation of temperature, relative humidity, and atmospheric pressure. In addition, biodegradable PLA capsules produced by 3D printing were developed for the mechanized release of entomophages, and their structural and biological efficiency was evaluated under laboratory and field conditions.

Field experiments conducted in the Turkestan region demonstrated that the combined application of encapsulated *Trichogramma* and *Habrobracon hebetor* provides high biological efficiency against the cotton bollworm (*Helicoverpa armigera*). Depending on the release density, the effectiveness ranged from 65.3% to 79.0%.

The obtained results indicate that the developed technologies are environmentally safe, scientifically substantiated, and have high practical significance for the biological control of major lepidopteran pests of tomato.

Keywords: tomato, biological control, *Trichogramma* spp., *Habrobracon hebetor*, entomophages, *Helicoverpa armigera*, *Sitotroga cerealella*, capsule.