

Колесник Т. М., к.с.-г.н., доцент, Солодка Т. М., к.с.-г.н., доцент, Олійник О. О., к.с.-г.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, t.m.kolesnyk@nuwm.edu.ua, t.m.solodka@nuwm.edu.ua, o.o.oleinik@nuwm.edu.ua), Прядунець В. А., вчитель біології (Новоукраїнський ліцей Ярославичської сільської ради Дубенського району Рівненської області, с. Новоукраїнка, Рівненська область)

### ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОЛОГІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ КАПУСТИ БІЛОГОЛОВОЇ ВІД *PIERIS BRASSICAE* L. У ЗАХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Важливим питанням, яке сьогодні стоїть перед людством, є охорона та раціональне використання природних ресурсів, запобігання негативним наслідкам інтенсивного втручання в природу та реабілітація порушених екосистем. Насамперед це стосується агропромислового виробництва, в якому вплив антропогенних факторів є необхідною умовою існування і одночасно чинником, який викликає негативні відповідні реакції агросистем на його дію. Незважаючи на велику кількість публікацій, присвячених дослідженню *Pieris brassicae*, недостатньо вивчено особливості сезонної і багаторічної динаміки його популяції і не розроблено методи її прогнозування для умов Північного Лісостепу України. Потребують удосконалення також заходи захисту капусти від шкідника із використанням ентомофагів, застосування нових біологічних систем захисту. Вперше виявлено закономірності динаміки чисельності *Pieris brassicae* в умовах Західного Лісостепу, міграційної здатності *Trichogramma evanescens* в агроценозах капусти. Встановлено функціональні залежності між поширенням імаго *Pieris brassicae* та ГТК за період його розвитку, між ступенем пошкодженості капусти білоголової личинками *Pieris brassicae* та температурою середньодобовою, сумою опадів та ГТК за період розвитку батьківських особин. В роботі визначено ступінь пошкодженості капусти залежно від щільності шкідника. Відмічено функціональну лінійну обернено пропорційну залежність між відсотком зараження яєць *Pieris brassicae* та віддаллю розселення *Trichogramma evanescens*. Подальшого

розвитку набула оцінка екологічної та економічної ефективності різних систем захисту капусти білоголової від ушкодження *Pieris brassicae*, на основі чого запропоновано найефективніші біологічні засоби захисту капусти від *Pieris brassicae* для умов Західного Лісостепу України.

**Ключові слова:** біологічний захист; *Trichogramma evanescens*; *Pieris brassicae* L.; капуста білоголова; шкідники; комахи; личинки.

**Постановка проблеми.** Важливим питанням, яке сьогодні стоїть перед людством є охорона та раціональне використання природних ресурсів, запобігання негативним наслідкам інтенсивного втручання в природу та реабілітація порушених екосистем. Насамперед це стосується агропромислового виробництва, в якому вплив антропогенних факторів є необхідною умовою існування і водночас чинником, який викликає негативні відповідні реакції агросистем на його дію. Одним з невідкладних заходів, для докорінного покращення загальної екологічної ситуації, є створення екологічно чистих технологій ведення сільськогосподарського виробництва, в тому числі овочівництва [1; 2].

У нашому регіоні головною овочевою культурою є капуста білокачанна. На сьогодні обсяги вирощування даної культури на приватних ділянках та фермерських господарствах нашого регіону сягають до 54% від усіх вирощуваних овочів [3]. Аграрії ставлять перед собою завдання забезпечити нашу і сусідні області капустою, яка є цінним і незамінним продуктом харчування людини. Вирішення поставленого завдання можливе при ефективному захисті капусти від шкідників, серед яких відчутної шкоди завдає *Pieris brassicae*. Пошкодження капусти цим шкідником призводить до зниження врожайності на 50%.

Враховуючи специфіку вирощування капусти – застосування пестицидів є небажаним [4; 5], тому що у разі використання хімічного методу захисту спостерігаються негативні явища, а саме рівень імунного захисту організму людини при постійному вживанні сільськогосподарської продукції із рештками пестицидів стабільно зменшується, що призводить до розвитку небезпечних захворювань (онкологічних, мутаційних, системних та ін.).

Незважаючи на велику кількість публікацій, присвячених дослідженню *Pieris brassicae*, недостатньо вивчено особливості сезонної і багаторічної динаміки його популяції і не розроблено

методи її прогнозування для умов Західного Лісостепу України [6; 7]. Потребують удосконалення також заходи захисту капусти від шкідника із використанням ентомофагів, застосування нових біологічних систем захисту, тому особливої актуальності набуває розробка екологічно безпечних засобів захисту капусти, для обмеження чисельності і шкодочинності *Pieris brassicaea* з оцінкою основних факторів його регуляції [8].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Біологічний метод захисту рослин базується на використанні живих організмів, продуктів їх життєдіяльності та біологічно активних речовин, іншими словами, зоофагів, ентомопатогенних мікроорганізмів, гербіфагів, антибіотиків, феромонів, біологічно активних речовин, що регулюють розвиток та розмноження шкідливих організмів [9]. Спроби використання одних організмів для боротьби з іншими здійснювалися з давніх часів. Понад тисячу років тому почали застосовувати мурашок для знищення шкідливих комах на цитрусових рослинах. Була приручена дика кішка для боротьби з мишами та іншими гризунами, що шкодять запасам. Ще у 1772 році для боротьби з червоною сараною на острові Маврикій успішно застосовували птицю майну, завезену з Індії. І. І. Мечников відкрив збудників грибкових і бактеріальних хвороб хлібного жука. У 20-х роках минулого століття були проведені роботи з використання фітофагів – для придушення кактуса опунції в Австралії, обмеження кроликів в Австралії за допомогою штучно викликаної вірусної епізоотії та ін. [10]. Здійснювались програми щодо завезення паразитичних і хижих членистоногих для боротьби з каліфорнійською щитівкою, кров'яною попелицею, американським білим метеликом, павутинними кліщами та ін. Серед практичних аспектів біометоду, що широко застосовувались у захисті рослин, слід відзначити комплекс робіт щодо трихограми, біологічного захисту рослин у захищеному ґрунті, синтезу біологічно активних речовин, створення мікробіопрепаратів [11].

**Мета проведених досліджень** полягала в оцінюванні впливу *Trichogramma evanescens* L. на процеси зменшення чисельності *Pieris brassicae* в системі біологічного захисту капусти білоголової на фоні хімічної та біологічної систем захисту в умовах Західного Лісостепу України.

**Об'єкт досліджень** – процеси регулювання чисельності *Pieris brassicae* під впливом ентомофага *Trichogramma evanescens* L.

**Предмет досліджень** – показники розвитку та шкодочинності *Pieris brassicae* та ефективності *Trichogramma evanescens* L. в боротьбі із шкідником в агроценозах капусти білоголової.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Дослідження проводили протягом 2019–2022 рр. на півдні Рівненської області, півночі Лісостепової зони на полях фермерського господарства «Зоря».

Ґрунти дослідних полів – чорноземи опідзолені середньосуглинкові. Дослідження ефективності систем захисту проводили на полях під насадженнями капусти білоголової сорту Анкома. Географічне положення регіону обумовлює помірність клімату. Тепле літо поступово переходить у помірно холодну зиму з різкими коливаннями температур. Дані про середньомісячну температуру повітря, кількість опадів, гідротермічний коефіцієнт свідчать, що умови для росту і розвитку капусти були відносно сприятливі. У роки досліджень вони значно коливались, тому мали суттєвий вплив на динаміку чисельності шкідників. Дослідження проводили за наступною схемою (табл. 1).

Таблиця 1

Схема польового дослідження із вивчення систем захисту капусти

№ варіанта	Варіант дослідження	Норма витрат
1	Контроль	-
2	Децис Форте	0,07 л/га
3	Гаупсин	4 л/га
4	Гаупсин + <i>Trichogramma evanescens</i> – 120 тис. шт/га	4 л/га+120 тис. шт/га
5	<i>Trichogramma evanescens</i> – 280 тис. шт/га	280 тис. шт/га
6	<i>Trichogramma evanescens</i> – 120 тис. шт/га	1х120 тис. шт/га
7	<i>Trichogramma evanescens</i> – 60 тис. шт/га	2х60 тис. шт/га
8	<i>Trichogramma evanescens</i> – 40 тис. шт/га	3х40 тис. шт/га

Обліки показників динаміки чисельності комах в агроценозах капусти проводили за загальноприйнятими методиками [4]. Ступінь

пошкодження рослин шкідниками визначали за уніфікованою шкалою у відсотках:

I бал – 0,1–25% пошкоджень

II бали – 26–50% пошкоджень

III бали – 51% і більше пошкоджень

Визначення ступеню пошкодження рослин шкідником полягає в прийнятті окомірно за 100% площі листової поверхні або всієї рослини.

При аналізі багаторічної і сезонної динаміки досліджуваних комах на капусті використовували чотири показники. Абсолютну щільність популяції визначали за кількістю особин (колоній) певного виду на одну рослину, відносну щільність популяції (заселеність рослин) – як частку заселених рослин, виражену у відсотках. Коефіцієнт розмноження кожного виду комах обчислювали за співвідношенням абсолютної щільності популяції на дослідній ділянці у поточному й попередньому роках. Коефіцієнт поширення шкідників визначали за співвідношенням відносної щільності популяції на ділянці в поточному і попередньому роках.

Мікробіологічні й хімічні інсектициди випробовували згідно з Методикою випробування й застосування пестицидів [4]. У 2019–2022 рр. оцінювали ефективність: Гаупсну, з нормою витрат 4 л/га, Децис-форте 0,07 л/га. Трихограму випускали з розрахунку 280 тис. шт/га (варіант 5) та 120 тис. шт/га (варіант 6) впродовж 2019–2022 рр., а у 2022 р. внесли додаткові варіанти в схему досліду із кратним випуском *Trichogramma evanescens* для кожного періоду яйцекладки *Pieris brassicaea*.

Випуск трихограми проводили при температурі 18° С. Перед випуском у банку з широкою горловиною поклали прив'ялі листки акації. Обережно розгортали пакет, змітали трихограму в банку і горловину обв'язували щільною тканиною, щоб уникнути розльоту трихограми. Через три години листки розкладали на посадках капусти.

Економічну ефективність застосування засобів захисту рослин визначали за допомогою ряду показників до яких відносяться: прибавка урожаю у порівнянні з контролем, вартість додаткової продукції, додаткові затрати на захист рослин додатковий прибуток, рентабельність та окупність здійснених затрат. Рівень рентабельності визначається відношенням додаткового прибутку до суми додаткових затрат у %.

Біологічну і економічну ефективність застосування різних систем захисту капусти розраховували за допомогою математичних методів. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали стандартними методами за допомогою програми Microsoft Excel.

Відомо, що розвиток *Pieris brassicaea* та формування врожаю капусти істотно залежать від умов забезпечення теплом і вологою впродовж періоду вегетації капусти, а також в період перезимівлі лялечок II покоління.

Осереднені за період 2019–2022 рр. показники досліджень розвитку *Pieris brassicaea* показують, що виліт шкідників припадає від III декади квітня до кінця травня. Слід зазначити, що виліт *Pieris brassicaea* відбувається виключно вдень, за сонячної погоди його активність підвищується. Тому у 2020–2022 роках за тривалого періоду теплої сонячної погоди у квітні виліт білана капустяного припадав на 3-тю декаду квітня, тоді як у 2019 р. – на першу декаду травня, що було зумовлено наближенням середньомісячної температури квітня до норми.

Відкладання яєць самицями у 2019–2021 рр. розпочиналося у першій декаді травня. В цей період середня добова температура повітря становила 16,7° С, це позитивно вплинуло на розвиток яйцекладок, адже через 8 днів з'явилася гусінь. У першому поколінні вона була малочисельною. У 2022 р. яйцекладка розпочалася у другій декаді травня, який відрізнявся дуже сприятливою температурою для розвитку шкідників. Тому личинки з'явилися через 7 діб.

В цілому, погодні умови травня в усі роки досліджень, зокрема середня температура повітря сприяли розвитку гусені та появі у першій декаді червня перших лялечок.

Виліт метеликів другої генерації розпочався у II декаді червня за середньодобової температури 18,9° С у 2019–2021 рр., тоді як у 2022 р. – у другій декаді червня за середньодобової температури повітря 18,4° С. Проте сума опадів у червні 2019–2022 рр. була достатньою (63 мм). Такі умови відтермінували початок яйцекладки, яка розпочалася в першій декаді липня. Появу перших гусениць було відмічено в другій декаді липня і їх розвиток тривав до початку серпня. У 2019 р. було відтерміновано вихід імаго до третьої декади червня, що було зумовлено сильним перезволоженням в кінці травня (у 2 рази понад норму), але достатня кількість тепла

прискорила завершення виходу імаго, тому II період яйцекладки тривав упродовж липня.

В 2019–2021 рр. у першій декаді серпня було відмічено фазу лялечки, тоді як у 2022 р. розвиток шкідника прискорився і фазу лялечки було відмічено у третій декаді липня. За сприятливих температурних умов у цей час у 2019–2022 рр. випала значна кількість опадів (67,2 мм), яка сприяла затримці розвитку лялечки і, ймовірно, призвела до враження значної частини шкідника патогенними організмами. Погодні умови 2021 р. були вкрай сприятливими для розвитку II покоління *Pieris brassicae* тому у 2021 р. можливе істотне зростання чисельності шкідника. За період 2019–2022 рр. показники щільності *Pieris brassicae* варіювали від 3 до 6 штук на рослину. Виявлено зв'язки між показниками динаміки чисельності *Pieris brassicae* та окремими характерними погодними умовами. Бачимо, що для шкідника властиве підвищення заселеності капусти у рік спаду сонячної активності і зниження показника гідротермічного коефіцієнту. Відносна заселеність капусти *Pieris brassicae* упродовж років досліджень перевищувала 65%. Максимального значення цей показник набув у 2019 р. та 2021 р. (70%). Такому явищу сприяли погодні фактори (підвищена температура повітря, недостатня кількість опадів), які характеризувалися ГТК, що був нижче середньобогаторічної норми на 47,0% за період вегетації в цілому та в окремі місяці активності *Pieris brassicae* (-60,9% у травні, -41,8% у червні, -23,4% у липні та -45,4% у серпні).

Таким чином, ми бачимо, що на чисельність *Pieris brassicae* впливають метеорологічні умови: умови недостатнього вологозабезпечення та підвищеного теплозабезпечення є найбільш сприятливими для розвитку популяції *Pieris brassicae* та підвищення ступеня його шкодочинності щодо формування врожаю капусти білоголової (табл. 2).

Таблиця 2

Динаміка чисельності *Pieris brassicae* L. за період 2019–2022 рр.

Рік дослідження	Абсолютна щільність, шт/рослину	Відносна щільність, %	Коефіцієнт розмноження	Коефіцієнт поширення шкідника
2019	3	65	0,5	1,08
2020	4	67	1,3	0,97
2021	6	70	1,2	1,07
2022	4	67	1,3	0,97

Пошкодженість рослин *Pieris brassicae* другого покоління у 2019–2022 рр. коливалась від 35,7% до 51,3% із максимумом у 2020 р.

Перше покоління *Pieris brassicae*, в умовах нашого регіону, суттєво не впливає на пошкодженість капусти. Протягом років дослідження кількість пошкоджених цим поколінням шкідників рослин капусти коливались в межах 7–12%, а ступінь пошкодженості рослин не перевищував 1 бала. Значну загрозу для капусти має друге покоління, оскільки його поява співпадає з періодом формування качанів капусти (липень-серпень). Тому дослідження взаємозв'язків між кліматичними умовами та показниками розвитку і шкодочинності *Pieris brassicae* є важливим етапом у прогнозуванні його чисельності за допомогою відповідних математичних залежностей, що й висвітлено нижче.

Аналіз фенології розвитку *Pieris brassicae* та динаміки основних показників життєздатності його популяції показав істотні коливання вказаних показників залежно від гідрокліматичних умов. Оскільки найбільшої шкоди насадженням капусти завдають саме личинки *Pieris brassicae*, розвиток II поколінь яких відбувається влітку, а розвиток популяції батьківських особин – імаго – залежить від гідрокліматичних умов попереднього періоду вегетації та умов формування і перезимівлі лялечок, то очевидно, що гідрокліматичні умови періоду циклу розвитку яйце – лялечка II покоління *Pieris brassicae* безпосередньо впливають на розвиток популяції шкідника у наступному періоді вегетації капусти білоголової. Саме тому доцільно було прослідкувати кореляційні залежності між основними кліматичними показниками в період розвитку батьківських особин *Pieris brassicae* та шкодочинністю його потомства.

Так, аналіз кореляційних зв'язків між чисельністю імаго *Pieris brassicae* L. та основними кліматичними показниками (середньодобовою температурою, сумою опадів, вологістю повітря) за період розвитку яйце – імаго показав існування дуже тісних обернено пропорційних кореляцій між відносною щільністю імаго та середньодобовою температурою повітря, сумою опадів, ГТК.

Ця залежність дозволяє спрогнозувати відносну щільність імаго *Pieris brassicae* навесні за результатами ГТК попереднього року за період розвитку 2-х поколінь шкідника. Таким чином виробники капусти матимуть час для підготовки адекватної, найбільш ефективної системи захисту рослини.



Найвищі модулі коефіцієнтів кореляції свідчать про найвищий ступінь функціонального зв'язку та доцільність пошуку математичних залежностей між скорельованими показниками (рисунок). На основі коефіцієнтів кореляції було проведено підбір математичних залежностей. Функціональна залежність між ступенем пошкодження рослин (%) та середньодобовою температурою повітря за період циклу яйце – імаго попереднього покоління *Pieris brassicaea* описується прямо пропорційною степеневою функцією  $Y=7E-14x^{11,731}$  ( $r^2=0,62$ ), за результатами ходу кривої якої бачимо, що різке зростання шкодочинності *Pieris brassicaea* починається за середньодобових температур повітря  $16^\circ\text{C}$ , а максимальна швидкість її росту припадає на інтервал середньодобових температур  $17^\circ\text{C}$ – $19^\circ\text{C}$ .

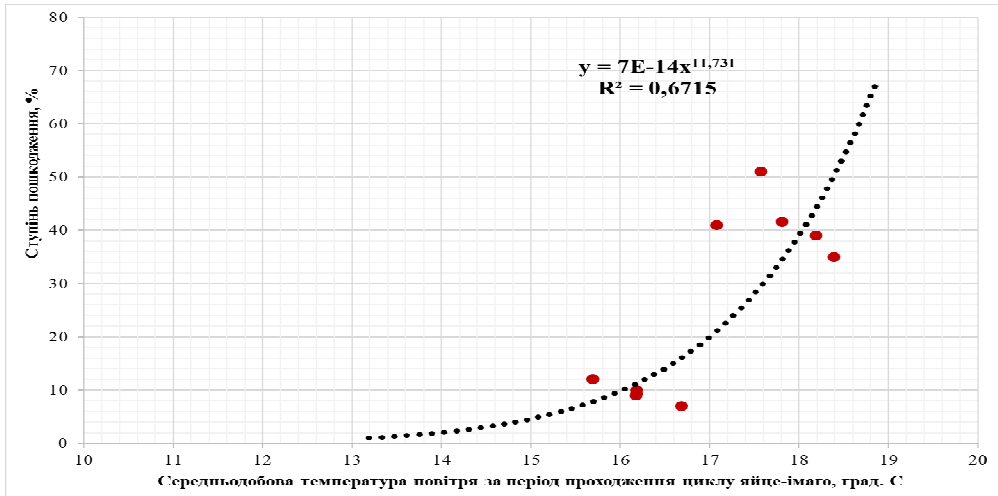


Рисунок. Функціональна залежність між ступенем пошкодження капусти білоголової личинками наступного покоління *Pieris brassicae* L. та середньодобовою температурою повітря за період циклу яйце – імаго попереднього покоління

Функціональна залежність між ступенем пошкодження рослин (%) та сумою опадів за період циклу яйце – імаго попереднього покоління *Pieris brassicaea* описується обернено пропорційною логарифмічною регресійною залежністю  $Y=-49,53\ln(x)+294,93$  ( $r^2=0,5397$ ), за результатами ходу кривої якої бачимо, що різке зростання шкодочинності *Pieris brassicaea* починається за суми опадів менше 250 мм, а максимальна швидкість її росту починається при зменшенні суми опадів нижче 150 мм.

Функціональна залежність між ступенем пошкодження рослин (%) та середнім показником ГТК за період циклу яйце – імаго попереднього покоління *Pieris brassicaea* описується обернено пропорційною логарифмічною регресійною залежністю  $Y = -21,321 \ln(x) + 48,757$  ( $r^2 = 0,5397$ ), за результатами ходу кривої якої бачимо, що різке зростання шкодочинності *Pieris brassicaea* починається за ГТК < 1,3, а максимальна швидкість її росту починається при зменшенні ГТК до 0,8.

Таким чином, на основі встановлених функціональних залежностей між кліматичними показниками та показниками поширення імаго *Pieris brassicaea* та ступенем пошкодження рослин капусти білоголової личинками шкідника максимальної шкоди для насаджень капусти слід очікувати, якщо в період розвитку яйце – імаго середньодобова температура повітря знаходилася в межах, а сума опадів не перевищувала 250 мм.

Дослідження особливостей впливу *Trichogramma evanescens* на чисельність *Pieris brassicaea* залежно від кратності випуску однієї і тієї ж норми та віддалей від місця випуску ентомофага дозволяють зробити висновок про зміну біологічної ефективності *Trichogramma evanescens* та підібрати оптимальний спосіб випуску та віддаль між місцями випуску, що дозволить отримати високий біологічний та економічний ефект за найменших витрат праці та засобів захисту. Випуск *Trichogramma evanescens* на поля капусти білоголової проводили однократно: 120 тис. шт/га (еталон 2), двократно – по 60 тис. шт/га (*Trichogramma evanescens* – 2 кр) та трикратно – по 40 тис. шт/га (*Trichogramma evanescens* – 3 кр). Перший випуск *Trichogramma evanescens* розпочали в I декаді яйцекладки *Pieris brassicaea* (на 5-ту добу), кожен наступний випуск проводили через 10 діб, охопивши весь період яйцекладки *Pieris brassicaea*. Облік біологічної ефективності застосування *Trichogramma evanescens* проводили на кожну 8-му добу після випуску. Дослідження особливостей впливу однієї і тієї ж норми випуску *Trichogramma evanescens* (120 тис. шт/га) на чисельність *Pieris brassicaea* за різної кратності випуску показали, що на 8-му добу після першого випуску (5-та доба початку яйцекладки білана капустиного) біологічна ефективність варіантів випуску *Trichogramma evanescens* істотно відрізнялася. Максимальний показник після першого випуску зафіксовано на еталоні 2 (69,5%), варіант *Trichogramma evanescens* 2-крат. поступався за ефективністю еталону 2 на 35,3%, тоді як варіант *Trichogramma evanescens* 3-крат. – на 45,4% відповідно.



На 8-му добу після 2-го випуску *Trichogramma evanescens* (15 діб після початку яйцекладки *Pieris brassicaea*) істотних відмінностей між біологічною ефективністю варіантів еталон 2 та *Trichogramma evanescens* 2-крат. не було виявлено: ефективність коливалася на рівні 54,5% та 53,6% відповідно, тоді як варіант *Trichogramma evanescens* 3-крат. істотно поступався еталону 2 та варіанту *Trichogramma evanescens* 2-крат. (на 11,2–10,3%).

На 8-му добу після 3-го випуску *Trichogramma evanescens* (25 діб після початку яйцекладки *Pieris brassicaea*) було відмічено істотні відмінності між біологічною ефективністю усіх досліджуваних варіантів: максимальний показник біологічної ефективності застосування *Trichogramma evanescens* показав варіант *Trichogramma evanescens* 3-крат. (61,6%), тоді як варіант двократного випуску поступався на 3,2%, а варіант однократного випуску – на 15% відповідно. Неістотну різницю між варіантами двократного та трикратного випусків *Trichogramma evanescens* можна пояснити зменшенням відтворювальної здатності старших поколінь *Pieris brassicaea* та несприятливим впливом погодних умов на імаго. Таким чином на основі проведених експериментальних досліджень було встановлено, що між біологічною ефективністю застосування *Trichogramma evanescens* в боротьбі із *Pieris brassicae* існує обернено пропорційна лінійна функціональна залежність  $Y = -9,7524x + 93,584$  ( $r^2 = 0,942$ ), за даними якої можна дійти висновку, що на віддалі 4,5 м від місця розселення *Trichogramma evanescens* вдається досягти 50% її ефективності. Якщо врахувати ефект перекривання ніш між найближчими сусідніми рядками розселення *Trichogramma evanescens*, то очікується, що на віддалі до 9 м між ними слід очікувати понад 90% ефективності застосування *Trichogramma evanescens*. Робимо висновок, що розселення *Trichogramma evanescens* на капусті рекомендовано проводити таким чином: на рослини 1-го рядка від межі та кожного 15-го наступного рядка (на віддаль кожні 9 м), оскільки між сусідніми рядками відбудеться перекриття ніш *Trichogramma evanescens*, що дозволить досягти до 98% ураження яєць *Pieris brassicae*.

Результати порівняння ефективності застосування *Trichogramma evanescens* для боротьби із *Pieris brassicae*-ом із хімічною та біологічною системами захисту на основі Гаупсину показують, що максимальною ефективністю (76,8%) характеризується двофакторна біологічна система захисту (Гаупсин

+ *Trichogramma evanescens* – 120 тис. шт/га). На другому місці – біологічна система на основі біопрепарату Гаупсин (73,0%), на третьому місці – біологічна система на основі *Trichogramma evanescens* (*Trichogramma evanescens* – 280 тис. шт/га) (70,1%) і лише на четвертому місці *Trichogramma evanescens* – 3x40 тис. шт/га (61,7%). Слід зазначити, що традиційна хімічна система захисту капусти білоголової від *Pieris brassicae* поступається найбільш ефективній біологічній системі захисту (Гаупсин+ *Trichogramma evanescens* – 120 тис. шт/га) на 11,2%. Аналіз показників часової динаміки чисельності життєздатних яєць *Pieris brassicae* залежно від застосованої системи захисту рослин показав, що на кінець 3-ї доби після останнього застосування системи захисту чисельність життєздатних яєць шкідника зменшується від 2,3 разів (*Trichogramma evanescens* – 2x60 тис. шт/га) до 7,0 разів (Гаупсин+ *Trichogramma evanescens* – 120 тис. шт/га).

Проте впродовж наступних 8-ми діб відбуваються зміни ефективності систем захисту у зв'язку із поновленням яйцекладки *Pieris brassicae*. Таким чином ефективність хімічної системи захисту зменшується на 13,7%, тоді як ефективність біологічних систем захисту поступово зростає, особливо у системі трикратного дробного випуску *Trichogramma evanescens*.

Дослідження ступеню перетворення личинок на лялечки підтвердили найвищу ефективність двофакторної біологічної системи захисту капусти білоголової від *Pieris brassicae* (Гаупсин+ *Trichogramma evanescens* – 120 тис. шт/га), оскільки саме цей варіант забезпечує лише 16% перетворення личинок на лялечки. Це свідчить на користь пролонгованого ефекту застосування Гаупсину та *Trichogramma evanescens*, що пов'язано з ослабленням личинок *Pieris brassicae* під впливом ентомофага та бактерій препарату Гаупсин. Найвищий ступінь перетворення личинок на лялечки (38%) забезпечує біологічна система захисту на основі однократного випуску *Trichogramma evanescens* (120 тис. шт/га), що свідчить про найменш пролонгований ефект захисту та найвищу екологічну безпеку цієї системи для личинок *Pieris brassicae*. Хімічна система захисту капусти білоголової забезпечує 30% перетворення личинок на лялечки, що свідчить як про короткостроковість ефекту пестициду, так і про можливість часткової адаптації наступного покоління *Pieris brassicae* до впливу інсектицидів.

**Висновки.** Результати досліджень не підтвердили доцільності збільшення норми випуску *Trichogramma evanescens* із 120 тис. шт/га до до 280 тис. шт/га в умовах Західного Лісостепу України, але показали доцільність трикратного випуску *Trichogramma evanescens* та його поєднання із біопрепаратом Гаупсин. При цьому прогнозується, що прогнозована розрахункова ефективність системи захисту Гаупсин + *Trichogramma evanescens* 3x120 тис. шт/га зросте до 91,8%.

1. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища : навч. посіб. для студ. вуз. К. : Знання, 2004. 309 с. 2. Лісовий М. П., Трибель С. О. Інтегрований захист – основа сучасних технологій. *Захист рослин*. 1998. № 5. С. 4–5. 3. Антонюк С. І., Гончаренко О. І., Рубан М. Б. Сільськогосподарська ентомологія. К. : Вища школа, 1984. 271 с. 4. Бублик Л. І., Васечко Г. І., Васильєв В. П. Довідник із захисту рослин. К. : Урожай, 1999. 711 с. 5. Іванова О. М., Петренко Л. В. Особливості використання біологічних методів захисту капусти білоголової у Західному Лісостепу. *Науковий вісник НУБіП України*. 2019. Вип. 2(89). С. 33–39. 6. Ігнатенко О. М., Красюк І. В. Ефективність біологічних методів захисту капусти білоголової в умовах західного лісостепу. *Сучасні проблеми розвитку науки і освіти*. 2021. Вип. 4(18). С. 63–67. 7. Бабич І. В., Жук Н. В. Вплив біологізації системи захисту на формування урожайності капусти білоголової в західному лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2020. Вип. 4(44). С. 83–88. 8. Степаненко О. М., Гончаренко В. В. Використання біологічних препаратів у системі захисту капусти білоголової у західному лісостепу. *Вісник аграрної науки : наук. журнал*. 2018. Вип. 3(34). С. 67–72. 9. Павлова Л. М., Шевченко І. П. Біологізація системи захисту капусти білоголової як основа екологічно безпечного виробництва. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2019. Вип. 2(52). С. 78–82. 10. Дмитрієва Т. В., Кравченко В. П. Використання біологічних препаратів у системі захисту капусти білоголової у західному лісостепу. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. Вип. 1(56). С. 82–87. 11. Гаврилова Н. І., Луців В. С. Оцінка ефективності біологічних препаратів у системі захисту капусти білоголової в умовах західного лісостепу. *Науковий вісник НУБіП України*. 2021. Вип. 2(95). С. 18–25.

## REFERENCES:

1. Dzhhyhyrei V. S. Ekolohiia ta okhrona navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha : navch. posib. dlia stud. vuz. K. : Znannia, 2004. 309 s. 2. Lisovyi M. P., Trybel S. O. Intehrovanyi zakhyst – osnova suchasnykh tekhnolohii. *Zakhyst roslyn*. 1998. № 5. S. 4–5. 3. Antoniuk S. I., Honcharenko O. I., Ruban M. B. Silskohospodarska entomolohiia. K. : Vyshcha shkola, 1984. 271 s. 4. Bublyk L. I.,

Vasechko H. I., Vasylev V. P. Dovidnyk iz zakhystu roslyn. K. : Urozhai, 1999. 711 s. **5.** Ivanova O. M., Petrenko L. V. Osoblyvosti vykorystannia biolohichnykh metodiv zakhystu kapusty biloholovoi u zakhidnomu lisostepu. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy*. 2019. Vyp. 2(89). S. 33–39. **6.** Ihnatenko O. M., Krasiuk I. V. Efektyvnist biolohichnykh metodiv zakhystu kapusty biloholovoi v umovakh zakhidnoho lisostepu. *Suchasni problemy rozvytku nauky i osvity*. 2021. Vyp. 4(18). S. 63–67. **7.** Babych I. V., Zhuk N. V. Vplyv biolohizatsii systemy zakhystu na formuvannia urozhainosti kapusty biloholovoi v zakhidnomu lisostepu. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2020. Vyp. 4(44). S. 83–88. **8.** Stepanenko O. M., Honcharenko V. V. Vykorystannia biolohichnykh preparativ u systemi zakhystu kapusty biloholovoi u zakhidnomu lisostepu. *Visnyk ahrarnoi nauky : nauk. zhurnal*. 2018. Vyp. 3(34). S. 67–72. **9.** Pavlova L. M., Shevchenko I. P. Biolohizatsiia systemy zakhystu kapusty biloholovoi yak osnova ekolohichno bezpechnoho vyrobnytstva. *Ahrarnyi visnyk Prychornomia*. 2019. Vyp. 2(52). S. 78–82. **10.** Dmytriieva T. V., Kravchenko V. P. Vykorystannia biolohichnykh preparativ u systemi zakhystu kapusty biloholovoi u zakhidnomu lisostepu. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2020. Vyp. 1(56). S. 82–87. **11.** Havrylova N. I., Lutsiv V. S. Otsinka efektyvnosti biolohichnykh preparativ u systemi zakhystu kapusty biloholovoi v umovakh zakhidnoho lisostepu. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy*. 2021. Vyp. 2(95). S. 18–25.

---

**Kolesnyk T. M., Candidate of Agricultural Sciences (PhD), Associate Professor, Solodka T. M., Candidate of Agricultural Sciences (PhD), Associate Professor, Oliinyk O. O., Candidate of Agricultural Sciences (PhD), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), Priadunets V. A., Biology Teacher (Novoukrainka lyceum, Novoukrainka village, Rivne region)**

## **EFFICIENCY OF THE BIOLOGICAL PROTECTION SYSTEM OF WHITE CABBAGE FROM PIERIS BRASSICAEA L. IN THE WESTERN FOREST STEPPE**

**An important issue facing humanity today is the protection and rational use of natural resources, prevention of the negative consequences of intensive intervention in nature and rehabilitation of damaged ecosystems. This primarily concerns agro-industrial production, where the impact of anthropogenic factors is a necessary condition for existence and, at the same time, a factor that causes negative responses of agro-systems to its action.**

Despite the large number of publications on *Pieris brassicae*, the peculiarities of seasonal and long-term dynamics of its population have not been sufficiently studied and methods for its forecasting have not been developed for the conditions of the Northern Forest-Steppe of Ukraine. Measures to protect cabbage from the pest using entomophages and the use of new biological defense systems also need to be improved. For the first time, the regularities of the dynamics of *Pieris brassicae* population in the Western Forest-Steppe and the migration ability of *Trichogramma evanescens* in cabbage agrocenoses were revealed. The functional dependencies between the distribution of *Pieris brassicae* adults and the GTC during its development, between the degree of damage to cabbage by *Pieris brassicae* larvae and the average daily temperature, the amount of precipitation and the GTC during the development of parental individuals were established. The degree of damage to cabbage was determined depending on the density of the pest. A functional linear inversely proportional relationship between the percentage of *Pieris brassicae* eggs infection and the distance of *Trichogramma evanescens* dispersal was observed. The evaluation of ecological and economic efficiency of different systems of protection of white cabbage from damage by *Pieris brassicae* was further developed, on the basis of which the most effective biological means of protection of cabbage from *Pieris brassicae* for the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine were proposed

*Keywords:* biological protection; *Trichogramma Evanescens*; *Pieris brassicae* L.; white cabbage; pests; insects; larvae.