

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

КОРЕНЧУК ЄВГЕН ВОЛОДИМИРОВИЧ



УДК 632:591.531.1:582.475(292.485)(477)

**ПЛАСТИНЧАСТОВУСІ ФІТОФАГИ МОЛОДИХ НАСАДЖЕНЬ
СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ В ЛІСОВИХ РОЗСАДНИКАХ,
ОСОБЛИВОСТІ БІОЛОГІЇ ТА КОНТРОЛЬ ЧИСЕЛЬНОСТІ
В ЦЕНТРАЛЬНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

16.00.10 «Ентомологія»

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Київ – 2020

Дисертацією є кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

Роботу виконано в Національному університеті біоресурсів і природокористування України Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник доктор сільськогосподарських наук, професор
Дрозда Валентин Федорович,
Українська лабораторія якості і безпеки
продукції агропромислового комплексу
Національного університету біоресурсів
і природокористування України,
завідувач відділу проблем біорізноманіття,
синергетики і сталого розвитку

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор
Мешкова Валентина Львівна,
Український орден «Знак Пошани»
науково-дослідний інститут лісового господарства
та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького,
завідувач лабораторії захисту лісу

доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
Стригун Олександр Олексійович,
Інститут захисту рослин НААН,
заступник директора з наукової роботи;
завідувач лабораторії ентомології
та стійкості сільськогосподарських культур
проти шкідників

Захист відбудеться «03» грудня 2020 року о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.02 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15, навчальний корпус № 3, кімната 301

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розіслано «02» листопада 2020 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



О. О. Сикало

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Серед факторів, що впливають на отримання високоякісних саджанців сосни звичайної для відтворення лісів, комахи-фітофаги є одним із основних, оскільки на фоні значного видового різноманіття вони домінують за чисельністю та за шкідливістю (Пузріна, 2014; Бровко, 2014, 2016; Meshkova, 2017; Meshkova, Vobrov, 2020). Особливо небезпечними є пластинчастовусі фітофаги, зокрема, різноманітні види хрущів. Їх личинки характеризуються винятковою шкідливістю, пошкоджуючи коріння рослин сосни у розсадниках і лісових культурах. Значна трофічна активність личинок, тривалий (три та більше років) розвиток, відсутність високоспеціалізованих видів паразитоїдів і хижаків, потаємний спосіб життя у ґрунті (Трибель та ін., 2014) обумовлюють значні поширення та шкідливість цих фітофагів (Фокін, 2007). Сучасні технології захисту розсадників і молодих культур передбачають інтенсивне використання токсичних хімічних інсектицидів шляхом багаторазового внесення їх у ґрунт для знищення личинок пластинчастовусих. Ефективність цих заходів є тимчасовою і не вирішує проблеми ґрунтових фітофагів загалом. Крім того загальновідомі негативні наслідки цих технологій на довкілля і стабільне функціонування лісових екосистем (Фурдичко О. І., 2015): відбувається масова загибель хижих комах, що пов'язані із ґрунтом – турунів та стафілінід, пригнічується діяльність інших безхребетних. Саме тому пошуки альтернативних, безпечних прийомів захисту розсадників і молодих культур є доволі актуальною проблемою лісівничої галузі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертацію виконано в межах робочої програми Національного університету біоресурсів і природокористування України за державною темою: «Розробити наукові основи прогнози росту основних лісотвірних порід України» (номер державної реєстрації 0117U001255).

Мета та завдання дослідження. Мета дисертаційного дослідження – визначити основні елементи біології та екології комплексу хрущів, важливі для оцінювання порогів шкідливості, загрози та оптимізації екологічно безпечних методів контролю чисельності цих шкідників у молодих культурах сосни звичайної.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

– виявити біоекологічні особливості різних стадій домінуючих видів хрущів, які дадуть змогу оптимізувати технологію захисту від них насаджень сосни звичайної;

– побудувати модель порогового рівняння шкідливості личинок домінуючих видів хрущів та встановити розподіл порогових значень шкідливості личинок пластинчастовусих фітофагів у часі, на різних етапах вегетаційного періоду;

– розробити елементи технології застосування біологічних препаратів стосовно личинок пластинчастовусих: встановити ефективність препаратів Боверин (*Beauveria bassiana*) та Метаризин (*Metarrhizium anisopliae*),

випробувати оригінальну композицію на основі ентомопатогенної нематоди *Steinernema feltiae* та гриба *Metarrhizium anisopliae*;

- розробити класифікаційну та статистичну, із використанням просторових розподілів впливів личинок, моделі оцінювання загрози молодим культурам сосни звичайної від комплексу пластинчастовусих фітофагів;

- сконструювати систему регулювання чисельності комплексу пластинчастовусих фітофагів.

Об'єкт дослідження – вплив популяцій комплексу пластинчастовусих фітофагів на молоді культури сосни звичайної.

Предмет дослідження – особливості біології та екології комплексу пластинчастовусих фітофагів, які обумовлюють їхню шкідливість.

Методи дослідження: польовий метод обліку – для встановлення структури комплексу пластинчастовусих фітофагів та їхньої щільності, оцінювання ефективності заходів захисту, розроблення моделі оцінювання загрози розсадникам із використанням просторових розподілів впливів фітофагів на сосну звичайну; лабораторний метод – оцінювання ефективності біопрепаратів та життєздатності яєць хрущів; метод графічного моделювання – для розроблення моделі порогів шкідливості; аналітичний метод – для розроблення класифікаційної моделі оцінки загрози розсадникам; статистичні методи аналізу – для визначення статистичної залежності між дослідженими біологічними та екологічними змінними.

Наукова новизна одержаних результатів. У результаті проведених досліджень:

вперше:

- розроблено модель порогового рівняння для личинок хрущів із урахуванням відмінностей порогових значень у різні періоди вегетаційного періоду;

- запропоновано як елемент біологічної складової системи захисту насаджень сосни оригінальну композицію на основі ентомопатогенної нематоди *Steinernema feltiae* та гриба *Metarrhizium anisopliae*;

- виявлено особливості формування репродуктивного потенціалу самиць хрущів, динаміки відкладання яєць, життєздатність яєць, поширеної локалізації яєць, личинок та діпаузуючих лялечок у ґрунті;

- розроблено 3–4-річну програму захисту незімкнених культур сосни звичайної від личинок пластинчастовусих, яка ґрунтується на застосуванні біоагентів відразу після або паралельно із хімічною обробкою;

- визначено ефективність хімічного інсектициду Антихрущ Люкс, к. с. стосовно личинок хрущів у період їх весняної реактивації;

- розроблено метод оцінювання загрози молодим культурам сосни від пластинчастовусих на основі просторових розподілів впливів личинок на саджанці сосни звичайної – розподілів випадів та зменшення приросту рослин;

удосконалено:

- систему контролю чисельності комплексу пластинчастовусих фітофагів;

– підходи щодо оцінювання загрози лісовим культурам від личинок комплексу хрущів;

набули подальшого розвитку:

– концепція порогових рівнів шкідливості на основі біоенергетичних показників потреби живлення фітофагів;

– принципи створення кваліфікаційних моделей для оцінювання загрози лісовим культурам від комах-фітофагів.

Практичне значення одержаних результатів полягає у визначенні порогів шкідливості личинок комплексу хрущів для молодих культур сосни звичайної, розробленні класифікаційного та статистичного методів оцінювання загрози лісовим культурам від личинок пластинчастовусих фітофагів, розробленні 3–4-річної програми захисту молодих культур сосни звичайної від комплексу хрущів. Показано, що з метою контролю чисельності пластинчастовусих фітофагів доцільно застосовувати навесні першого року, в період весняної реактивації личинок препарат на основі композиції імідоклопрід, 100 г/л, біфентрин, 100 г/л, ацетоміпрід, 30 г/л (Антихрущ Люкс, к. с.) у нормі витрати 1 л/га, 350 л/га робочого розчину, шляхом одноразового прикореневого поливу, а у період льоту та масового відкладання яєць обробку поверхні ґрунту препаратами на основі тіаметоксаму (Актара, 25 WG, г. п.), замінюючи на 2–3 році хімічний інсектицид на біопрепарат (Боверин, 5 % титр 900 млн/мл), вносити у ґрунт Боверин, 5 % титр 900 млн/мл або Метаризин, 5 % с. п. титр 900 млн/мл, на глибину 10–30 см, у червні-липні, серпні, наприкінці серпня – у вересні застосовувати композицію Метаризин, 5 % с. п. + *Steinernema feltiae* 1,0–1,2 млн, вносячи її у ґрунт на глибину 20 см (кожні 50 діб), 20–40 та 30 см відповідно.

Результати досліджень пройшли виробничу перевірку у лісових господарствах на загальній площі 2,2 га з економічним ефектом 1974 грн/га.

Особистий внесок здобувача. Здобувачем взято участь у плануванні досліджень, особисто проведено лабораторні та польові дослідження, статистичну обробку та аналіз експериментальних даних, побудову математичних моделей, апробацію та впровадження результатів у виробництво, патентування нових технічних рішень, підготовку матеріалів до друку. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, здобувачу належить фактичний матеріал і основний творчий доробок. У спільних публікаціях права співавторів не порушено.

Апробація результатів дисертації. Основні результати та положення дисертації було представлено на: Міжнародній науковій конференції «Ресурсозберігаючі технології та їх правова і економічна оцінка в сільсько-господарському виробництві сільськогосподарському виробництві» (м. Київ, 2016 р.); Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Розвиток аграрної науки у XXI сторіччі» (м. Миколаїв, 2016 р.); Міжнародній конференції, присвяченій 70-річчю Досмухамбетова Темирхана Минайдаровича (м. Алмати, Республіка Казахстан, 2019 р.).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 11 наукових праць, з яких 4 статті у наукових фахових виданнях України, включених

до міжнародних наукометричних баз даних, 3 патенти України на корисну модель, 4 тези наукових доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертацію викладено на 185 сторінках. Робота складається з анотацій, вступу, шести розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел і додатків. Дисертація містить 45 таблиць і 37 рисунків. Список літературних посилань містить 224 джерел, з яких 45 латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБРАНОВОГО НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

У літературному огляді наведено аналіз сучасних даних щодо екології комплексу хрущів: західного та східного травневих, мармурового, червненого та волохатого, оцінки їх шкідливості, а також хімічного та біологічного методів регуляції їх чисельності. Виявлено недостатню вивченість питань стосовно порогів шкідливості, необґрунтованість багатьох елементів захисту з точки зору екології цільових об'єктів та встановлено перспективні напрями досліджень для розроблення ефективних технологій захисту на основі біологічних агентів і сучасних хімічних інсектицидів.

На підставі аналізу літературних джерел сформовано й обґрунтовано основні напрями досліджень комплексу пластинчастовусих для молодих культур сосни звичайної.

МІСЦЕ, УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проведено в 2016–2018 рр. у ДП «Богуславське ЛГ» с. Москаленки Богуславського району Київської області, у розсаднику сосни звичайної. Загальна площа розсадника 2,2 га. Ґрунт дерново-слабопідзолистий супіщаний, ступінь задерніння середній. Початкова густина насаджень 1 тис. рослин/га. Для встановлення впливу метеопказників на розвиток пластинчастовусих фітофагів оцінювали середньомісячну температуру повітря, кількість опадів, відносну вологість повітря за метеоданими, наданими Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського (Миронівська метеостанція). Середньомісячна температура впродовж квітня-вересня 2016–2018 рр. перевищувала багаторічну на 1,9–2,5 °С. У 2016 та 2017 рр. кількість опадів поступалася на 2,5 і 16 мм багаторічним даним. Річна кількість опадів у 2016 та 2018 рр. перевищувала багаторічні показники на 17 та 80 мм відповідно, а в 2017 р. – поступалася на 20 мм. Відносна вологість повітря у порівнянні з багаторічними показниками була нижчою в період квітня-вересня: різниця становила від 2 (2016 р.) до 10,8 % (2017 р.). Таким чином, 2016 та 2018 рр. були сприятливими, а 2017 р. – менш сприятливим для розвитку хрущів у розсадниках сосни звичайної.

Методика проведення досліджень. Досліди проводили за загальноприйнятими ентомологічними методиками, ґрунтові розкопки – за класичною методикою (Знаменский, 1927; Иванов и др., 1937). Моделювання порогів

шкідливості – на основі енергетичної концепції шкідливості ґрунтових фітофагів (Зубков, 1995; Фокін, 2008), випробовування препаратів – за стандартними методиками відповідно до «Методики випробовування і застосування пестицидів» (2001). Конструювання системи регулювання чисельності фітофагів – на основі концепції процесів зворотного зв'язку (Кеннеди, 1978; Берриман, 1990). Для оцінювання загрози розсадникам від хрущів використовували оригінальну версію класифікаційної моделі (Берриман, 1990) та статистичну модель на основі просторових розподілів за критерієм Сведберга (Фокін, 2005). Статистичну обробку одержаних даних проводили за допомогою стандартних комп'ютерних програм Microsoft Office Excel 2007, Statistica 5.0.

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ МОДЕЛЮВАННЯ ПОРОГІВ ШКІДЛИВОСТІ ЛИЧИНОК КОМПЛЕКСУ ПЛАСТИНЧАСТОВУСИХ КОМАХ-ФІТОФАГІВ

Порогове рівняння шкідливості личинок пластинчастовусих фітофагів. Кореневу систему сосни як трофічний ресурс можна уявити у вигляді матриці розмірністю $n \times n$, де елемент n дорівнює енергетичній потребі у живленні личинок комплексу пластинчастовусих у перерахунку на одиницю їхньої маси. Умовно матрицю можна розділити на дві частини: А – зона ризику, частина кореневої системи з кореневою шийкою, при пошкодженні яких найчастіше рослина гине, Б – зона стійкості, або адаптивності, при пошкодженні якої загибель рослини малоімовірна. Лінія ХУ є рівнем максимального пошкодження, що може витримати рослина (рис. 1).

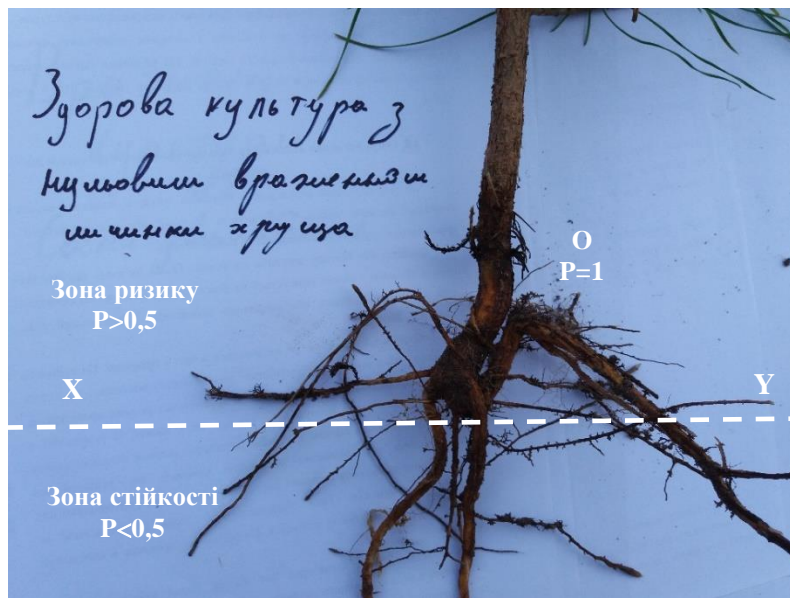


Рис. 1. Загальний вигляд неушкодженої кореневої системи рослини сосни звичайної із умовним розподілом на зони ризику та стійкості стосовно пошкодження личинками хрущів (пунктирна лінія – рівень максимального пошкодження; $P=1$ – при пошкодженні кореневої шийки ймовірність загибелі рослини дорівнює 1; $P < 0,5$ – імовірність загибелі низька; $P > 0,5$ – імовірність загибелі висока)

Для визначення рівня шкідливості ґрунтових фітофагів важливо оцінити, за якої чисельності личинок різного віку дворічна рослина сосни здатна вижити у критичний період активності личинок шкідника. Оскільки потреба у живленні личинок залежить від їхньої маси, логічним є абстрагуватися від показників популяційної структури (чисельність різних віків личинок) і оперувати енергетичними показниками потреби в живленні з урахуванням маси та частки рослинного живлення для кожного віку. Тобто, завдання полягає у визначенні кількості одиниць маси личинок, які протягом сезону спожили трофічний ресурс зони Б, не перетнувши рівень максимального пошкодження ХУ. Встановлено, що мінімальна розмірність матриці 3×3 , максимальна 6×6 . В цьому випадку зона Б здатна витримати тиск чотирьох одиниць маси личинок пластинчастовусих. Для $n=3-4$ одиниці маси личинок першого віку (L_1), для $n=6-4-5$ одиниць маси личинок старшого віку ($L_2; L_3$). Різниця пояснюється збільшенням у раціоні частки рослинного живлення. Звідси виводяться порогові значення співвідношення «біомаса кореневої системи : біомаса личинок пластинчастовусих»: $6:3-4=1,71$ для личинок L_1 та $3:4=0,75$ для личинок L_2 та L_3 . Формалізація прямої (рис. 2), якій належить відрізок $[L_2-L_3; L_1]$, є рівнянням порогу шкідливості:

$$3x - 0,96y + 0,63 = 0, \quad (1)$$

де x – співвідношення біомаси кореневої системи та біомаси личинок;
 y – біомаса кореневої системи.

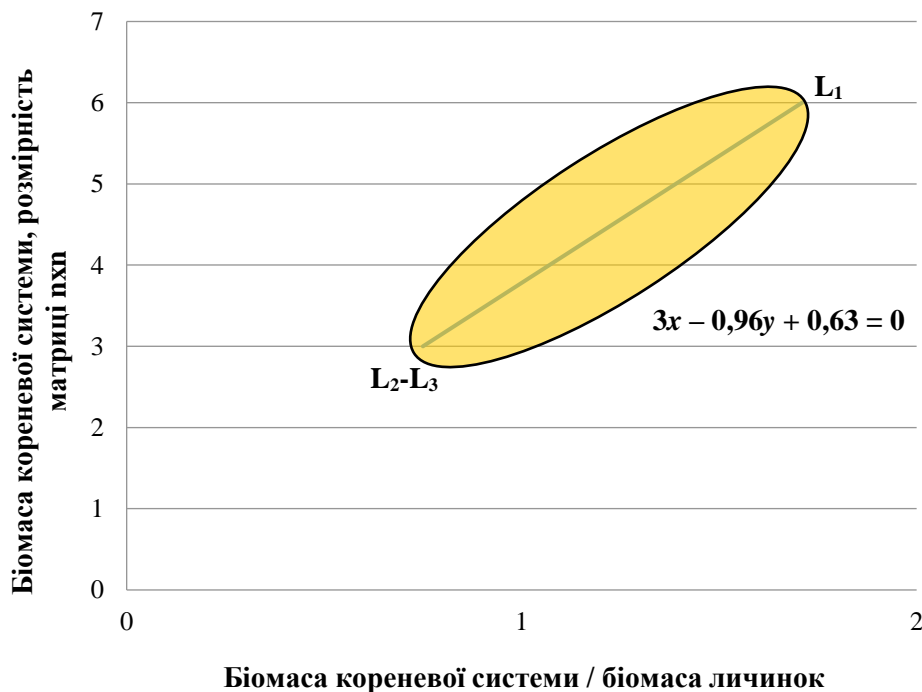


Рис. 2. Порогові значення співвідношень біомаси кореневої системи сосни звичайної та личинок різного віку пластинчастовусих жуків

Розподіл порогових значень шкідливості личинок пластинчастовусих фітофагів у часі. Реалізація порогових показників шкідливості протягом вегетаційного періоду має особливості. Потрібно враховувати, що цей поріг

«енергетичний», пов'язаний із значеннями біомаси (кореневої системи та личинок) та потребою у живленні (личинок). Водночас, фенологія представників комплексу пластинчастовусих фітофагів – західного та східного травневих, мармурового, волохатого та червненого хрущів, значно різняться, а, відтак, різняться і періоди шкідливості їхніх личинкових стадій (рис. 3).

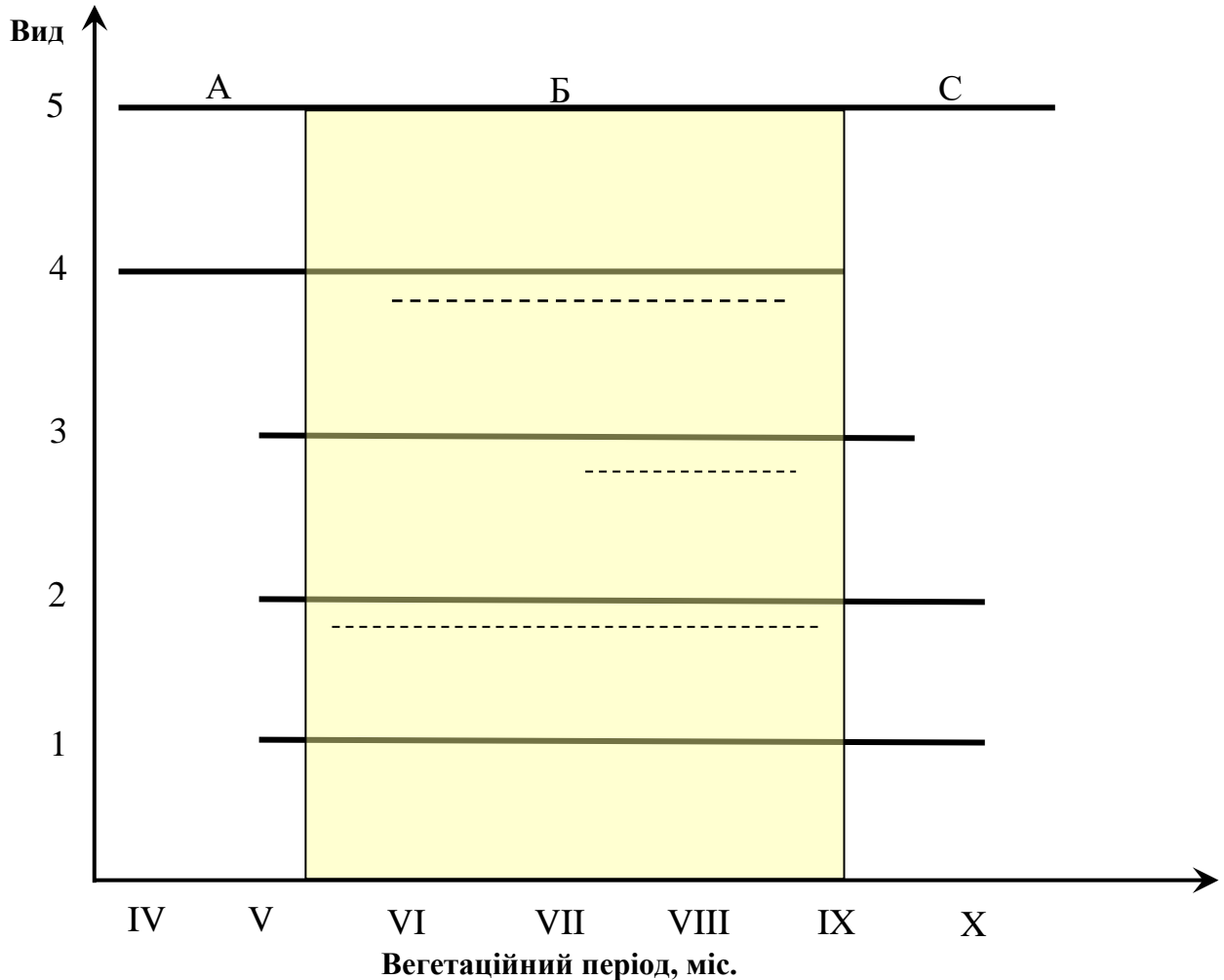


Рис. 3. Розподіл періодів шкідливості комплексу пластинчастовусих фітофагів протягом вегетаційного періоду (пунктиром позначено період міграції личинок у нижні шари ґрунту; 1 – західний травневий; 2 – східний травневий; 3 – мармуровий; 4 – волохатий; 5 – червневий хрущ)

Таким чином, вегетаційний період за шкідливістю хрущів можна розділити на три етапи: А – потреба у живленні не перевищує біомасу коріння; Б – потреба у живленні перевищує біомасу коріння; С – потреба у живленні не перевищує біомасу коріння, але рослина ослаблена внаслідок живлення личинок хрущів на етапі Б. Вочевидь, пороги шкідливості на різних етапах повинні мати коефіцієнт перерахунку. Загалом, імовірність загибелі рослин сосни дворічного віку можна представити як нерівність: $B > C > A$. Етап А – початковий, весняний, коли порогові значення шкідливості личинок хрущів розраховуються за (1). На наступних етапах порогове рівняння потрібно розглядати з урахуванням ефективності заходів регулювання чисельності

у попередній період. Імовірність загибелі на етапі Б максимальна, оскільки в цьому інтервалі вегетаційного періоду шкодять личинки різних віків, а відтак, біомаса личинок дуже значна. Крім того, в цей період рослини відчувають дефіцит вологи у ґрунті.

На етапі С фактичний рівень імовірності загибелі зміщується відносно теоретичного внаслідок ослаблення наприкінці вегетації рослин, які пережили тиск фітофагів та дефіцит вологи у періоді Б, а отже і поріг шкідливості для них значно менший – імовірність загибелі зростає, навіть якщо чисельність личинок хрущів не сягає порогового значення. Поправочний коефіцієнт для рівняння (1) на етапі С дорівнює 0,577, а модель набуває вигляду:

$$x = ((0,96y + 0,63) / 3) 0,577. \quad (2)$$

Система регулювання чисельності фітофагів має бути спрямована на максимальний захист культур сосни у період А – запобігання пошкодженню кореневої системи личинками (хімічний інсектицид) і превентивне насичення екосистеми біологічними агентами з таким розрахунком, щоб максимальна ефективність їх припадала на період Б. Узагальнені отримані результати представлено у табл. 1.

Таблиця 1

**Моделі порогів шкідливості личинок пластинчастовусих фітофагів
на різних етапах вегетаційного періоду**

| Етап вегетаційного періоду | Модель порогу шкідливості | Особливості технології захисту |
|----------------------------|----------------------------------|---|
| А (весна) | $x = (0,96y + 0,63) / 3$ | Хімічний інсектицид + насичення біоагентами |
| Б (переважно літо) | | Хімічний інсектицид + дія біоагентів |
| С (осінь) | $x = ((0,96y + 0,63) / 3) 0,577$ | |

**ОПТИМІЗАЦІЯ РЕГУЛЮВАННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ
ПЛАСТИНЧАСТОВУСИХ ФІТОФАГІВ**

Теоретичні передумови та гіпотеза. Використання систем регулювання чисельності комах в екосистемах не викликає їхньої дестабілізації за умови: співвідношення непридатних місць перебування (матриксу) та придатних 40:60 (коефіцієнт Шредера) (Хански, 2015); оптимального співвідношення хімічної та біологічної складової системи регулювання чисельності комах 40:60 (Фокін, 2011).

Гіпотеза: елементи системи регулювання чисельності, сконструйованої з урахуванням значення коефіцієнта Шредера та співвідношення між біологічним і хімічним елементами системи захисту мають бути ефективними та екологічно оптимізованими.

Біоекологічні характеристики різних стадій хрущів, що мають значення для оптимізації системи захисту. Досліджували особливості формування репродуктивного потенціалу самиць хрущів, динаміку відкладання

яєць, життєздатність яєць, поширену локалізацію яєць, личинок та діапаузуючих лялечок у ґрунті.

За показниками маси лялечок самиць, функціональною активністю гонад і плодючістю самиць листя дубу звичайного є субстратом, що оптимізує життєві функції самиць. У порівнянні з іншими листяними породами, реальна плодючість самиць, що живилися листям дубу, перевищує у 1,5–2,5 рази. Самиці, які живилися суцвіттям сосни звичайної характеризуються значним репродуктивним потенціалом. Менш сприятливі умови для самиць хрущів створюються під час живлення листям берези повислої. Листя тополі як трофічний субстрат, за умов живлення імаго, формує переважно фізіологічно неповноцінні популяції хруща (табл. 2).

Таблиця 2

Формування репродуктивного потенціалу самиць хрущів залежно від кормової рослини (лабораторно-польові дослідження 2015–2018 рр.)

| Кормова рослина | Вихідний біоматеріал самиці, екз. | Маса лялечок самиці, г | Фізіологічний моніторинг гонад самиць, % | | | | Відродилося личинок, % |
|--------------------------|-----------------------------------|------------------------|--|---------------------|---------------------------|---------------------------------|------------------------|
| | | | повна дисфункція | часткова дисфункція | нормальна структура гонад | реальна плодючість самиць, яєць | |
| листя дубу звичайного | 35 | 0,629 | 17,9 | 32,4 | 49,7 | 48,7 | 76,2 |
| листя тополі | 30 | 0,463 | 35,2 | 44,6 | 20,2 | 29,8 | 48,3 |
| листя берези повислої | 30 | 0,514 | 32,3 | 30,2 | 37,5 | 35,8 | 64,8 |
| суцвіття сосни звичайної | 30 | 0,586 | 14,6 | 43,6 | 41,8 | 43,6 | 73,5 |
| НІР ₀₅ | – | 0,25 | 3,4 | 4,0 | 3,8 | 3,6 | 42 |

Матеріали табл. 3 ілюструють визначальні критерії процесу відкладання яєць чотирма видами хрущів. Експериментально виділено такі періоди: 1 – початок – триває в усіх чотирьох видів 5–7 днів, самиці у цей період відкладають від 17,8 до 29,4 % яєць із усього запасу, життєздатність незначна і понад 45 % їх гине; 2 – масове відкладання яєць – фізіологічно повноцінні яйця відкладаються впродовж 12–14 днів; 3 – триває 4–7 днів, самиці відкладають значну кількість фізіологічно неповноцінних яєць. Отже, найбільшу загрозу насадженням представляють личинки, які відродилися з яєць, відкладених у другий період. Наведені матеріали є основою для часової локалізації застосування різних методів, що призводять до загибелі яєць.

Аналіз розподілу личинок у ґрунті свідчить, що у травні (у квітні 90 % личинок знаходяться на глибині 50–75 см) найбільш технологічною для внесення біопрепаратів є глибина 10–30 см – в цьому шарі концентрується до 75 % личинок; у червні-липні глибину можна зменшити до 20 см – майже всі личинки хрущів знаходяться у поверхневих горизонтах; мігруючи на початку

серпня, за посушливої погоди, у більш вологі шари ґрунту, тому вносити препарати доцільно глибше на 20–40 см – концентрація личинок тут становить до 88 %, але наприкінці серпня та протягом усього вересня личинки за достатньої вологості ґрунту знову тримаються у поверхневих шарах до 30 см – 60–88 % від загальної кількості, наприкінці вересня та у жовтні-листопаді основна їх кількість – до 85 %, зосереджується на глибині зимівлі 50–75 см, тобто внесення препарату на цю глибину технологічно невиправдане.

Таблиця 3

**Ритміка відкладання яєць самицями хрущів
(ДП «Богуславське ЛГ», 2015–2018 рр.)**

| Вид | Ритміка яйцекладки, період/тривалість, дні | | | Глибина відкладання яєць у ґрунті, см | Абіотичні фактори | |
|-------------------------------|---|-----------------------|--------------------|--|----------------------------|------------------------|
| | початок льоту | масовий льот | кінець льоту | | температура повітря, °С | вологість ґрунту, % |
| Травневий східний хрущ | 24–30•04; 5–7 | 3–15•05; 12–14 | 17–21•05; 4–5 | 19–31 | 16–18 | 7–9 |
| Травневий західний хрущ | 29•04–5•05; 7–9 | 7–14•05; 10–12 | 20–26•05; 5–6 | 21–34 | 14–17 | 9–10 |
| Червневий хрущ | 2•06–7•06; 5–7 | 10•06–21•06; 12–14 | 23•06–1•07; 6–7 | 24–38 | 17–19 | 8–10 |
| Мармуровий хрущ | 3•05–10•06; 7–9 | 13•05–23•06; 10–13 | 28•07–5•08; 5–7 | 29–46 | 13–16 | 11–13 |

Встановлено просторову структуру концентрації лялечок хруща у шарах ґрунту. На глибині до 7 см концентрувалося тільки 11,8 % лялечок. Рівень їх загибелі на період весняної реактивації становив 65,2 %. Причиною загибелі були хижакі – 42,1 %, переважно туруни та ентомопатогени, 16,7 % – мускардинні гриби, поміж яких домінував гриб білої мускардини – 79,7 % (ураження зеленою та рожевою мускардиною – 13,8 та 6,5 % відповідно). Синоптичні аномалії у цьому прошарку ґрунту стали причиною смертності 6,4 % лялечок. Частка життєздатних особин становила лише 34,8 %. У наступних прошарках 8–15 см, 16–24 та 25–35 см концентрувалися 80,6 % лялечок. Рівень їх загибелі становив 14,3–15,4 %, у тому числі від хижаків 2,1–6,7 %. Синоптичні аномалії стали причиною загибелі 0,8–2,8 % лялечок. Життєздатна частка популяції 84,6–85,7 %, яка і є реальною загрозою насадженням.

Результати випробовування біологічних засобів регулювання чисельності. Оцінювали вплив біопрепаратів (обробка поверхні ґрунту) на самиць західного травневого хруща під час відкладання яєць наприкінці травня – на початку червня. Результати дослідження представлено у на рис. 4.

Початкова ефективність Боверіну та Метаризину (25.05) становила 92 та 95 % відповідно, що дещо поступається Актарі – 97 %, але протягом наступного місяця (останній облік 09.07) за загальної тенденції зниження залишкова ефективність Боверіну (32 %) та Метаризину (45 %) істотно перевершувала

ефективність хімічного інсектициду (12 %). Досить показова тенденція зменшення ефективності Метаризину і Боверину: протягом перших 30 діб ефективність Метаризину зменшується більш стрімко, а потім стабілізується і зменшення відбувається повільніше, у Боверина, навпаки, на першому етапі ефективність зменшується повільніше, а наприкінці – різко зменшується. Їхня ефективність співпадає на різних рівнях приблизно на 7 (А – рівень 90 %) та 37 добу (Б – рівень 50 %) після початку дослідження. Період між двома цими точками і далі точки Б є зоною комплементарної дії препаратів.

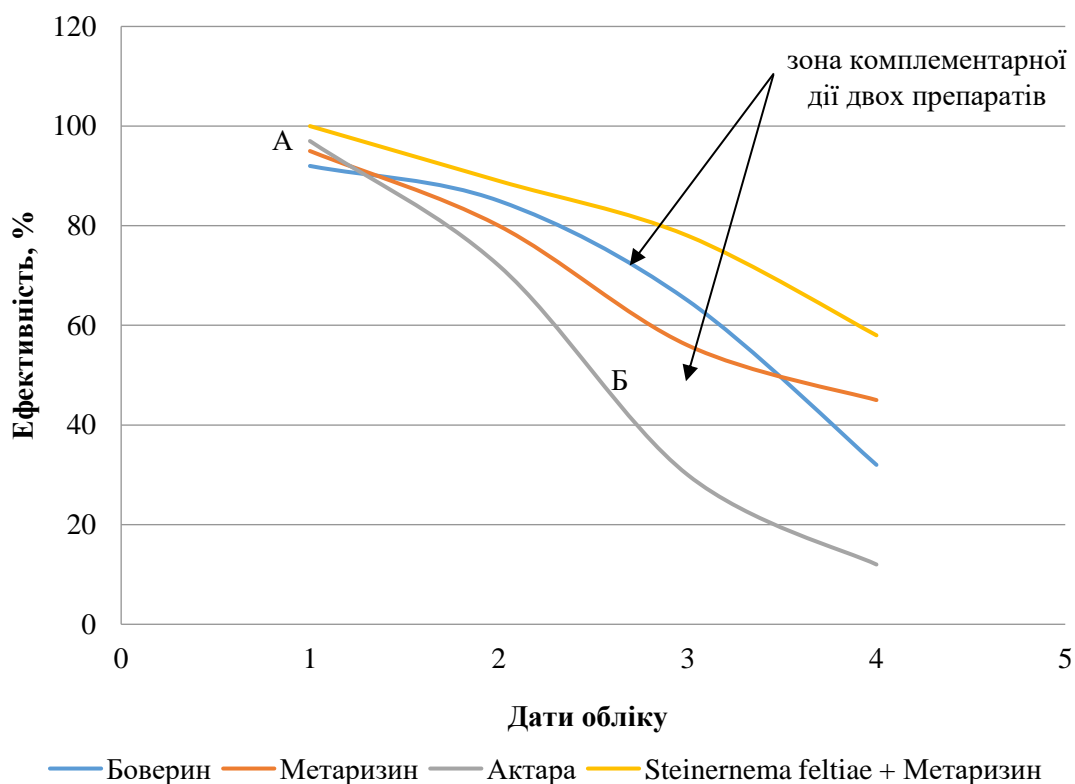


Рис. 4. Ефективність застосування біопрепаратів шляхом обробки поверхні ґрунту у насадженнях сосни звичайної під час льоту та відкладання яєць самицями західного травневого хруща (ДП «Богуславське ЛГ», 2017), дати обліків: 1 – 25.05; 2 – 09.06; 3 – 24.06; 4 – 09.07

Зона комплементарності виражена також стосовно тіаметоксаму та нематодно-грибної композиції. Відмітимо тенденцію формування комплементарних пар – за початковою ефективністю. Це свідчить про доцільність одночасного застосування двох і більше препаратів, які за ефективністю доповнюватимуть один одного.

За іншого способу застосування – внесення у ґрунт, порівняльні дослідження Боверину та Метаризину проводили у польових умовах протягом 2016–2017 рр. За кількістю уражених личинок Метаризин перевершував Боверин на 15 та 25 добу після обробки, Боверин же був ефективніший на 50 добу; за кількістю збережених рослин та за приростом пагонів протягом вегетації варіант із застосуванням Боверину показав кращі результати – 21,4 см на 50 добу (для Метаризину максимальний приріст на цей термін – 19,4 см,

у контролі – 8,4 см). Показова зміна тенденції – замість зменшення ефективності протягом часу, навпаки, зростання її. Це пов'язано із синоптичними особливостями, режимом вологості ґрунту і способом внесення препаратів – при обробці поверхні ґрунту біоагенти доволі швидко втрачають активність, а при внесенні у ґрунт – навпаки, у сприятливих умовах, збільшують рівень інфекційного фону. Незмінною залишилася комплементарна дія препаратів. Стійкість прояву цього ефекту дає підстави до використання його для оптимізації технологій захисту, побудованих на засадах біометоду.

Було отримано дані щодо смертності протягом вегетаційного періоду різних стадій (личинки, лялечки, імаго) західного травневого хруща залежно від концентрації конідій *Beauveria bassiana* та періоду їхнього внесення (табл. 4). Всі варіанти показали тенденцію нарощування ефективності протягом сезону, але ті з них, що мали більш високу концентрацію інфекційного матеріалу – 20×10 та 50×10 конідій наприкінці вегетації спричинили смертність 30 і 50 % відповідно.

Таблиця 4

Рівень смертності личинок, лялечок та імаго західного травневого хруща залежно від терміну внесення Боверину (ДП «Богуславське ЛГ, 2016–2018 рр.)

| Період | Смертність (%) при концентрації (конідій / м ²) | | | |
|----------|---|---------------------|--------------------|--------------------|
| | контроль | 20×10 (березень) | 50×10 (квітень) | 80×10 (квітень) |
| 2016 р. | | | | |
| березень | 2,3 | 7,2 | 18,4 | 22,3 |
| червень | 4,6 | 11,4 | 19,8 | 34,7 |
| серпень | 5,2 | 16,7 | 27,9 | 42,5 |
| 2017 р. | | | | |
| квітень | 1,9 | 5,8 | 15,9 | 14,7 |
| липень | 3,7 | 14,1 | 24,6 | 38,5 |
| жовтень | 6,1 | 17,3 | 31,9 | 49,4 |
| 2018 р. | | | | |
| травень | 1,7 | 10,3 | 29,3 | 21,4 |
| вересень | 5,4 | 15,9 | 34,7 | 50,3 |

У 2016–2018 рр. порівнювали елементи технології захисту молодих культур сосни звичайної: застосування глютамінової кислоти у композиції із живильним концентратом лізином; застосування хімічного інсектициду на основі тіаметаксаму та оригінальної композиції: *Steinernema feltiae* 1,0–1,2 млн + 5,0 % *Metarrhizium anisopliae* від комплексу хрущів. Підсумкова ефективність оригінального способу становила 84,3 % проти 69,8 % із застосуванням глютамінової кислоти та лізину.

Результати випробовування хімічних засобів регулювання чисельності. Вивчали доцільність використання препарату Антихрущ Люкс, к. с., для захисту сіянців від личинок хрущів (табл. 5).

Встановлено, що використання препарату Антихрущ Люкс, к. с., у складі якого три діючі речовини, за усіма тестовими показниками забезпечує

ефективний захист сосни у критичний період. Показано, що уже на 15 день після поливу ґрунту робочим розчином препарату загинуло 70,3 % личинок хрущів. Відпад личинок внаслідок використання препаратів Актара, в. г. та Фастак, к. е. становив 63,2 та 57,4 % відповідно. Показники господарської ефективності свідчать, що підсумкова ефективність використання препарату Антихрущ Люкс, к. с. становила 91,3 %, практично на рівні використання Актари, в. г. – 91,8 %, та із значним перевищенням ефективності використання препарату Фастак, к. е. – 74,2 %. У даному технологічному режимі досліджували рівень чисельності хижаків – турунів та стафілінід (табл. 6).

Таблиця 5

Результати виробничих досліджень використання препарату Антихрущ Люкс, к. с. для захисту сіянців і молодих культур сосни звичайної від личинок пластинчастовусих фітофагів (Богуславський лісгосп, 2016–2018 рр.)

| Варіант | Норма витрати л, кг/га | Обліковано рослин, екз. | Чисельність личинок, особ./3 м ² | | | | Пошкоджено коренів, % | Загибло рослин, екз. | Ефективність, % |
|---|------------------------|-------------------------|---|------------|------------|------------|-----------------------|----------------------|-----------------|
| | | | до початку | на 15 день | на 30 день | на 45 день | | | |
| Антихрущ Люкс к. с. (імідаклоприд, 100 г/л, біфентрин, 100 г/л, ацетоміприд 30 г/л) | 1,0 | 60 | 12,8 | 3,8 | 2,1 | 1,2 | 4,1 | 3,1 | 91,3 |
| Актара в. г. тіаметоксам, 250 г/кг (порівняння) | 5,0 | 60 | 11,6 | 4,3 | 1,9 | 0,8 | 3,9 | 3,8 | 91,8 |
| Фастак к. е. альфа-циперметрин (порівняння) | 0,1 | 60 | 13,7 | 5,9 | 4,2 | 4,6 | 10,4 | 7,8 | 74,2 |
| Контроль | – | 40 | 12,5 | 13,4 | 17,2 | 21,4 | 57,8 | 44,6 | – |
| НІР ₀₅ | – | – | – | 0,9 | 0,8 | 0,5 | 1,2 | 0,8 | 4,7 |

Таблиця 6

Динаміка чисельності хижаків у культурах сосни звичайної за використання препарату Антихрущ Люкс (ДП «Богуславський ЛГ», 2016–2018 рр.)

| Варіант | Чисельність хижаків до початку досліджень, личинки та імаго, особ./3м ² | Динаміка чисельності хижаків – туруни та стафілініди, особ./3м ² | | | Домінуючі групи хижаків, кількість особ./3м ² | |
|----------------------|--|---|------------|------------|--|-------------|
| | | на 15 день | на 30 день | на 45 день | туруни | стафілініди |
| Антихрущ Люкс, к. с. | 6,4 | 4,5 | 7,6 | 11,4 | 8 | 4 |
| Актара 25, в. г. | 7,1 | 5,1 | 9,2 | 1,2 | 7 | 5 |
| Фастак, к. е. | 5,8 | 2,3 | 3,4 | 3,9 | 5 | 2 |
| Контроль | 4,9 | 6,2 | 7,9 | 10,5 | 10 | 4 |

Відразу після внесення препаратів вони виявляли певну негативну дію по відношенню до хижаків. Найбільш виражену згубну дію виявив Фастак, к. е., у цьому варіанті на 15 день загинуло майже 40 % особин хижаків. Значно менший вплив мали Актара, в. г. та Антихрущ Люкс, к. с. – на 30 день повністю відновилася чисельність хижаків у варіантах, де використовували ці препарати. Таким чином, очевидна доцільність одноразового використання препарату Антихрущ Люкс, к. с. з нормою витрати 1,0 л/га, шляхом кореневого поливу весною, на початку реактивації личинок хрущів.

Конструювання системи регулювання чисельності комплексу пластинчастовусих фітофагів. Конструкція системи захисту, у якій застосовуються тільки біологічні препарати та ентомофаги, є екологічно стабільною. У випадку конструювання системи, у якій передбачено застосування хімічного методу (рис. 5) можливі два сценарії: стабілізуючий і дестабілізуючий. Застосування біологічних засобів захисту та активізація популяцій природних регуляторів чисельності (E) на рівні ефективності 70 % (–) дозволить вижити 30 % частці популяції фітофага, яка, в свою чергу, забезпечить підвищення чисельності останньої (C) (+). При застосуванні на цьому етапі хімічного інсектициду (I₁) із ефективністю на рівні 90 % (+), спалах придушується, але за рахунок виживання 10 % частки популяції та утворення резистентності створюються передумови для більш масштабного спалаху (B) (+). Далі від конструювання системи захисту залежатиме підсумковий баланс. Якщо втрутитися у ситуацію шляхом застосування хімічного інсектициду (I₂) (+), то спалах буде ліквідований, але загальний баланс буде позитивним: I₁ (+) → B (+) → I₂ (+) = (+), тобто система буде нестабільною. Безперервне функціонування позитивного зворотного зв'язку у перспективі призведе до руйнації екосистеми і зникненню всіх її елементів: насаджень сосни, комплексу хрущів та ентомофагів. У випадку ж невторчання у процес включаються природні регуляторні фактори, але із запізненням реакції (AB). Завдяки їм спалах чисельності фітофага згасне самостійно – тоді петля (I₂) замінюється на (E). За цього сценарію баланс буде негативним (–): I₁ (+) → B (+) → E (–) = (–), екосистема буде стабільною.

Для уникнення дестабілізуючого ефекту петлі (I₂) у першому сценарії і зведення до мінімуму запізнення реакції (AB) природних регуляторів чисельності у другому необхідне застосування біологічного методу, дія якого і ефективність будуть наслідком насичення екосистеми біоагентами на попередньому етапі. Тобто, хімічний метод вирішує поточну проблему, а насичення системи біоагентами вирішує проблему стабільності і саморегуляції екосистеми загалом. Це можливо, з урахуванням пролонгованої дії препаратів, здійснити шляхом застосування біоагентів відразу після або паралельно із хімічною обробкою протягом 3–4 років, досягнувши порогу зникнення (співвідношення чисельності личинок фітофагів і щільності рослин, за якого припиняються випадки рослин) для популяції хрущів.

Незначні значення порогів шкідливості для хрущів і низький рівень порогу зникнення дозволяє прогнозувати доцільність захисних заходів на всіх етапах лісовідновлення, як у розріджених минулих років, так і у щойно

закладених насадженнях. Результати експериментальних досліджень та вищезазначені принципи конструювання систем захисту дозволили розробити багаторічну програму регулювання чисельності комплексу хрущів у насадженнях сосни звичайної, яка передбачала у травні першого року відносно: яєць та імаго, в період масового льоту та яйцекладки хрущів застосовувати Актару, 25 WG, в. г., шляхом обробки поверхні ґрунту, личинок 1–3 віків – Антихрущ Люкс, к. с., 1 л/га на 350 л води, шляхом одноразового кореневого поливу рослин. В цей же період вносяться у ґрунт на глибину 10–30 см Боверин, 5 % титр 900 млн/мл або Метаризин, 5 % с. п. титр 900 млн/мл. У червні-вересні здійснюють насичення екосистеми ентомопатогенами, вносячи у ґрунт через кожні 50 діб композицію Метаризин, 5 % с. п. + *Steinernema feltiae* 1,0–1,2 млн. Протягом періоду змінюється глибина внесення: у червні-липні – 20 см, серпні – 20–40, кінець серпня-вересень – 30 см. У травні другого року регуляцію чисельності хрущів здійснюють відносно: яєць шляхом обробки поверхні ґрунту Боверином, 5 % титр 900 млн/мл; личинок 1–3 віків – внесенням у ґрунт на глибину 10–30 см суміші Метаризину, 5 % с. п. + *Steinernema feltiae* 1,0–1,2 млн. Насичення екосистеми ентомопатогенами протягом червня-вересня здійснюється аналогічно схеми першого року. Протягом третього року регуляція чисельності ґрунтових фітофагів навесні і насичення екосистеми біоагентами проводиться за схемою другого року, з тією різницею, що наприкінці серпня – початку вересня, за досягнення популяцією шкідників порогу зникнення (чисельність, за якої випадки рослин не спостерігаються), біологічні препарати не вносять.

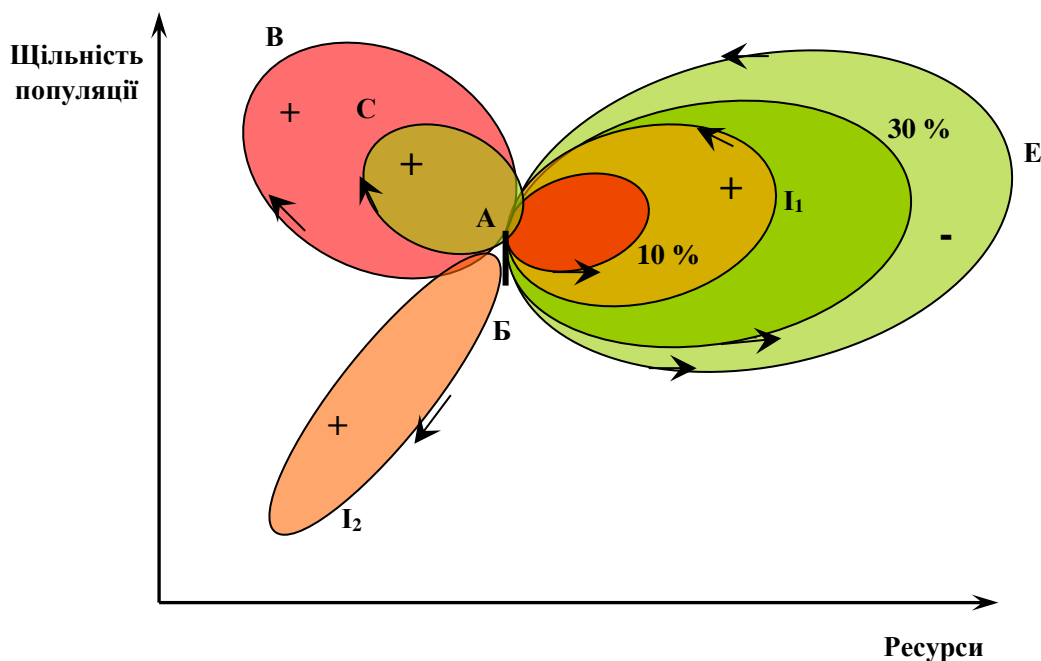


Рис. 5. Конструювання системи регуляції чисельності комах-фітофагів, що включає хімічний метод, за принципами позитивного (+) та негативного (-) зворотного зв'язку (пояснення в тексті)

Необхідно зазначити, що погоджуючись в цілому із відомим співвідношенням хімічного і біологічного методів в системах захисту (60:40) (Фокін, 2011), оскільки воно було встановлено для агроценозів, із урахуванням не тільки екологічної компоненти, але і прийняттого рівня урожайності, вважаємо за доцільне для лісових екосистем збільшення біологічної частки до рівня 60–80 %.

ОЦІНКА ЗАГРОЗИ МОЛОДИМ КУЛЬТУРАМ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ ВІД ЛИЧИНОК ПЛАСТИНЧАСТОВУСИХ ФІТОФАГІВ

Оцінка загрози від личинок пластинчастовусих шкідників – одне із найважливіших питань моніторингу молодих культур сосни звичайної. Традиційно він зводиться до кількісної оцінки шкідливої ентомофауни (обліків) за допомогою інструментальних методів (пастки, у тому числі феромонні, косіння сачком тощо). Водночас, личинки хрущів можна виявити і кількісно оцінити лише шляхом проведення систематичних розкопувань. Метод цей досить точний, але трудомісткий і дорогий, а відтак застосовується локально. Отже, постала проблема пошуку альтернативних методів.

Протокол «штрафної системи» оцінки загрози молодим культурам сосни звичайної від личинок комплексу пластинчастовусих фітофагів. Як альтернатива методу розкопок було запропоновано класифікаційну модель для оцінки загроз від комах фітофагів, до основи якої покладена бальна оцінка факторів ризику (Берриман, 1990). Нами розроблено оригінальну версію оцінки загроз, залежно від умов місця перебування, факторів лісонасаджень та порушень, а також індивідуальної стійкості окремих рослин сосни, пов'язаних із популяціями личинок пластинчастовусих фітофагів. Модель представлена у вигляді протоколу факторів індикаторів ризику і штрафних балів, що відповідають їм, а також шкали категорій загрози, які визначаються за сумою цих балів. Фактори, пов'язані із індивідуальною стійкістю рослин: ступінь охвоєності, забарвлення хвої, довжина річного приросту, висота рослин та діаметр річного приросту. Кліматичні фактори: температурні умови. Едафічні фактори: вологість; тип та щільність ґрунту. Лісогосподарські фактори: характер утримання міжрядь. Фактори, залежні від розташування лісонасаджень: віддаленість від інших лісових масивів; тип суміжних насаджень; окультуреності прилеглих територій; особливості мікрорельєфу насаджень; характер випадів рослин.

За підсумками заповнення протоколу приймається управлінське рішення щодо застосування засобів регулювання чисельності: термінового втручання за допомогою хімічних інсектицидів у разі спалахів чисельності або високої загрози молодим культурам, або застосування довготривалої програми із превалюванням елементів біологічного методу для доведення популяції хрущів до порогу існування. Визначають наступні категорії загрози: низька: 1 – при нульовій сумі штрафних балів; 2 – при сумі 1–2 бали; 3 – при сумі 3–4 бали; висока: 4 – сума штрафних балів більша або дорівнює 5. Протокол було апробовано у насадженнях сосни звичайної у 2015–2017 рр. (рис. 6). Результати оцінки показали високий, 4 категорії рівень загрози, що суттєво

перевищує 5-бальний поріг. Більш того, загроза від личинок щорічно зростає, що говорить про збільшення щільності популяцій комплексу хрущів, а відтак про необхідність застосування трирічної програми щодо обмеження їх чисельності і приділення уваги лісгосподарським факторам (утримання міжрядь).

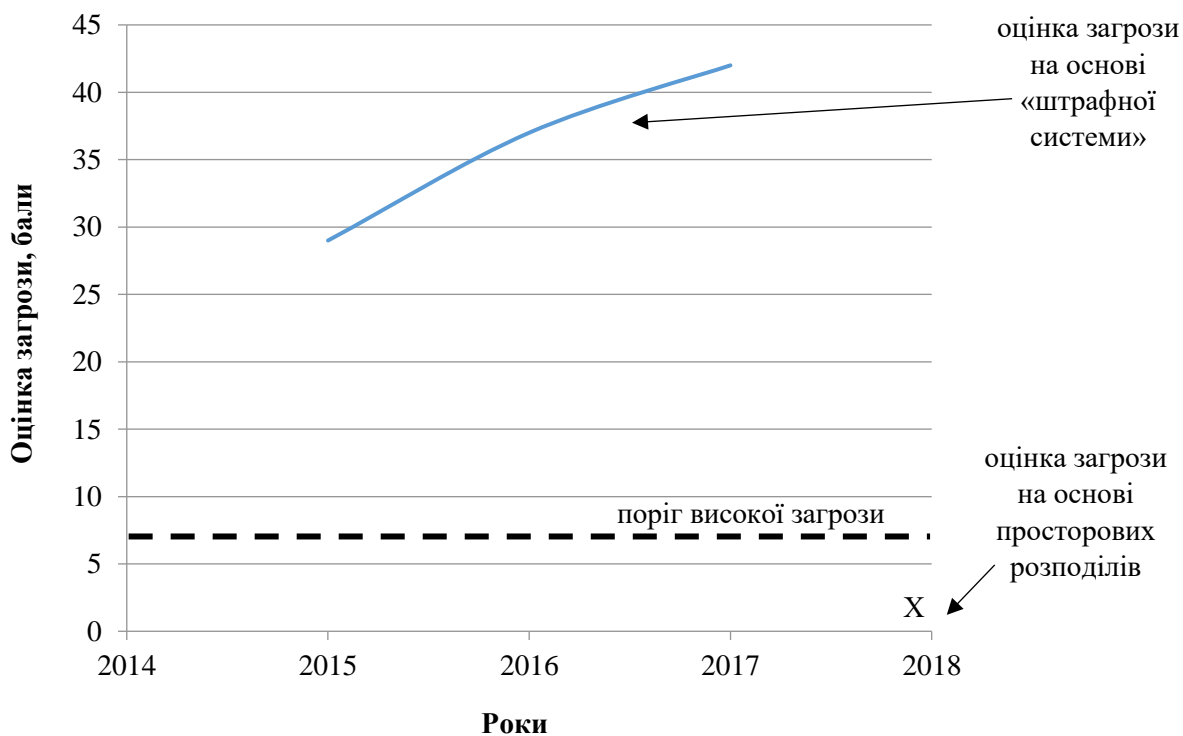


Рис. 6. Порівняння оцінок загрози від личинок комплексу пластинчастовусих фітофагів у насадженнях сосни звичайної, отриманих за протоколом «штрафної системи» (класифікаційний метод) та на основі просторових розподілів (статистичний метод) (ДП «Богуславське ЛГ», 2015–2018 рр.)

Оцінка загрози із використанням просторових розподілів впливів личинок пластинчастовусих фітофагів на молоді культури сосни звичайної. Метод оцінки загрози, побудований на основі «штрафної системи», попри свою корисність при опрацюванні значних лісових масивів позбавлений статистичного підґрунтя. Тому одним із завдань було розробити методику оцінки загрози із застосуванням кількісних показників. Запропоновано оригінальний метод на основі оцінки просторових розподілів впливів личинок комплексу хрущів на рослини сосни звичайної, а саме розподілів випадів рослин (відсоток загибелі) та «тиску» личинок на рослини. Алгоритм методу передбачає: розбиття площі насаджень на клітини матриці (10×10 м) із початковою щільністю рослин 100 екз.; встановлення загибелі рослин у кожній клітині матриці (%); визначення розподілу відсотку випадів за критерієм Сведберга: випадковий – початковий рівень загрози «1», контагіозний (груповий) – загроза «2», рівномірний – максимальна загроза «3» – така оцінка відповідає особливостям екології хрущів – заселення нових

площ відбувається на першому етапі спорадично, далі в процесі живлення личинок випадки рослин набувають групового характеру, які зливаються (стають рівномірними) при масовому заселенні насаджень; визначення «тиску» личинок хрущів на рослини в кожній клітині матриці за зменшення висоти рослин порівняно до стандартної (для 5-річних рослин 2,2–2,4 м) (%); визначення розподілу зменшення висоти рослин порівняно до стандартної: груповий розподіл – мінімальна загроза (+1 бал від початкового рівня), рівномірний – максимальна (+2 бали); оцінка компенсації щільності насаджень сосни звичайної самосівом – до стандартного рівня щільності 5-річної культури; визначення розподілу компенсації самосівом: випадковий – мінімальне зменшення загрози (0 балів), груповий – середнє (–1 бал) і рівномірне – істотне зменшення загрози (–2 бали); за результатами зібраних даних проводимо оцінку за 5-бальною шкалою і приймаємо управлінське рішення.

Представлений алгоритм було апробовано при визначенні загрози від личинок хрущів для 5-річних насаджень сосни звичайної у ДП «Богуславське ЛГ». Загалом на обстежених площах загинуло по облікових ділянках від 81 до 99 % рослин. І лише на окремих ділянках – 11 % від загальної площі, відсоток втрат був менший – 80 %. Розподіл втрат за критерієм Сведберга становить 0,96, тобто вони є рівномірними, початковий рівень загрози «3». Далі оцінюємо зменшення висоти рослин порівняно до стандартної (в середньому 2,3 м). На всій площі насаджень вони були пригнічені не менше ніж на 37 %, причому на 90 % площі пригнічення перевищувало 41 %. Розподіл «тиску» личинок хрущів на рослини рівномірний (критерієм Сведберга – 0,635), а відтак до початкового рівня загрози додаємо 2 бали і отримуємо загрозу «5 балів», яку урівноважуємо компенсацією втрат самосівом. Розподіл самосіву є груповим (критерієм Сведберга – 6,98), а отже віднімаємо 1 від попереднього значення і отримуємо 4 бали – високий, але не максимальний рівень загрози. Відзначимо, що лише на 1 % площі кількість самосійних рослин та висаджених у сумі перевищують стандартну щільність 5-річної культури сосни звичайної і лише на 9 % площі їх сумарна кількість перевищує 50 % рівень початкової щільності.

Порівняння класифікаційного та статистичного методів показує більшу точність останнього, проте не виключає можливість застосування і оцінок за «штрафною системою» у випадках обстеження великих площ лісових насаджень. Загалом обидва методи правильно визначили тенденцію зростання загрози і її значний рівень.

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ДОВГОТРИВАЛОЇ ПРОГРАМИ ЗАХИСТУ МОЛОДИХ КУЛЬТУР СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ ВІД КОМПЛЕКСУ ХРУЩІВ

Встановлено, що для реалізації трирічної програми досягнення популяціями хрущів порогу зникнення на гектарі насаджень сосни звичайної необхідно 19745 грн (за вартістю препаратів). При цьому основна частина (67,3 %) витрат припадає на внесення у ґрунт композиції Метаризин, 5 % с. п. + *Steinernema feltiae* 1,0–1,2 млн. У перерахунку на десятирічний період існування розсадника витрати на хімічні препарати (наприклад, препарати на основі

тіаметоксаму – Актара 25, в. г.), будуть у 35 разів перевищувати вартість реалізації запропонованої програми у перші три роки. Додатковий біоценотичний ефект у перший рік відносно личинок та лялечок хрущів становить 87 %, на другий та третій роки до нього додається 20 % додаткового ефекту відносно яєць хрущів.

ВИСНОВКИ

У дисертаційному дослідженні визначено основні елементи біології та екології комплексу хрущів, важливі для оцінювання порогів шкідливості, загрози та оптимізації екологічно безпечних методів контролю чисельності цих шкідників у молодих культурах сосни звичайної.

1. Визначено основні елементи біології та екології комплексу хрущів (західного та східного травневих, мармурового, червненого та волохатого), важливі для оцінювання порогів шкідливості, загрози та оптимізації екологічно безпечних методів контролю чисельності цих шкідників у молодих культурах сосни звичайної.

2. Встановлено, що процес відкладання яєць самицями травневих хрущів включає три етапи: під час першого (5–7 днів) самиці відкладають від 17,8 до 29,4 % яєць незначної життєздатності (понад 45 % гине); під час масового відкладання яєць (12–14 днів) яйця є фізіологічно повноцінними; у третій період (4–7 днів) більшість яєць не є повноцінними. Найбільшу загрозу рослинам сосни становлять личинки, які відродилися з яєць, відкладених у другий період.

3. Досліджено, що у травні на глибині 10–30 см концентрується до 75 % личинок хрущів; у червні-липні – до 20 см; на початку серпня – 20–40 см, наприкінці серпня та протягом всього вересня личинки тримаються у поверхневих шарах до 30 см (60–88 % від загальної кількості). Наприкінці вересня та у жовтні-листопаді основна кількість личинок – до 85 %, зосереджується на глибині зимівлі 50–75 см.

4. Визначено, що на глибині до 7 см концентрується 11,8 % лялечок травневих хрущів (відпад 65,2 %, причини загибелі: хижаки 42,1 %, ентомопатогени 16,7, синоптичні аномалії 6,4 % лялечок). У шарах 8–15 см, 16–24 та 25–35 см концентрувалося 80,6 % лялечок, відпад 14,3–15,4 %. Причина загибелі: хижаки – 2,1–6,7 %, синоптичні аномалії – 0,8–2,8 % лялечок. Життєздатна частина популяції хрущів становить 84,6–85,7 %, яка і є реальною загрозою насадженням.

5. Встановлено порогове значення співвідношення біомаси кореневої системи дворічних рослин сосни звичайної та личинок пластинчастовусих фітофагів: 1,71 для личинок першого і 0,75 – для личинок другого та третього віків. Період шкідливості в межах вегетаційного періоду для личинок комплексу хрущів доцільно розподілити на три етапи: весна, літо, осінь. Модель порогу шкідливості в осінній період враховує підвищення ймовірності загибелі рослини внаслідок ослаблення личинками хрущів у весняний та літній

періоди, а також ефективність проведених заходів регулювання чисельності цих фітофагів.

6. Визначено, що ефективність застосування шляхом обробки поверхні ґрунту препаратів Боверин (*Beauveria bassiana*) та Метаризин (*Metarrhizium anisopliae*) стосовно личинок пластинчастовусих становить 92 і 95 % відповідно, що поступається Актарі 25, в. г. – 97 %, але протягом місяця залишкова ефективність Боверину (32 %) та Метаризину (45 %) істотно перевершує ефективність хімічного інсектициду (12 %), при цьому протягом перших 30 діб ефективність Метаризину зменшується більш стрімко, потім стабілізується і зменшення відбувається повільніше, у Боверина, навпаки, на першому етапі ефективність зменшується повільніше, а наприкінці – швидше, їх ефективність співпадає на 90 та 50 % рівнях – період між ними є зоною комплементарної дії препаратів. За кількістю збережених рослин та за приростом пагонів протягом вегетації варіант із застосуванням Боверину показав вищі результати – 21,4 см на 50 добу після застосування (для Метаризину максимальне значення приросту на цей же термін 19,4 см).

7. Досліджено, що ефективність оригінального способу (хімічного інсектициду на основі тіаметаксаму та оригінальної композиції *Steinernema feltiae* 1,0–1,2 млн + 5,0 % *Metarrhizium anisopliae*.) становила 84,3 %, що достовірно вище, ніж за застосування глютамінової кислоти у композиції із живильним концентратом лізином (69,8 %).

8. Встановлено, що підсумкова ефективність застосування препарату Антихрущ Люкс, к. с. стосовно личинок хрущів у період їхньої весняної реактивації становила 91,3 %, на рівні ефективності Актари 25, в. г. – 91,8 %, та із значним перевищенням ефективності препарату Фастак, к. е. – 74,2 %.

9. Розроблено методи оцінювання загрози розсадникам сосни звичайної від хрущів: класифікаційний, у вигляді протоколу факторів індикаторів ризику і штрафних балів, що відповідають їм, та статистичний, на основі просторових розподілів відпаду рослин та пригнічення їхнього росту внаслідок живлення личинок хрущів. Результати апробації показали високий (4 категорії для класифікаційного та 4 бали для статистичного) рівень загроз молодим культурам сосни звичайної.

10. Встановлено, що результати оцінки загрози, здійсненої за допомогою класифікаційної і статистичної моделей дозволяють оптимізувати управлінські рішення щодо термінового втручання за допомогою хімічних інсектицидів та застосування довготривалої програми із превалюванням елементів біологічного захисту для доведення популяції хрущів до порогу зникнення.

11. Сконструйовано систему регулювання чисельності комплексу пластинчастовусих фітофагів, яка побудована на принципах зворотного зв'язку. Для уникнення дестабілізуючого ефекту повторного застосування хімічного інсектициду і мінімізації запізнення реакції природних регуляторів чисельності до системи захисту необхідно вводити біологічні елементи – хімічний метод вирішує поточну проблему, а біоагенти забезпечують стабільність і саморегуляцію екосистеми загалом цілому, шляхом їх застосування після або паралельно із хімічною обробкою протягом 3–4 років.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

З метою регуляції чисельності пластинчастовусих фітофагів за порогового значення 1,71 співвідношення біомаси кореневої системи дворічних рослин та личинок першого і 0,75 – личинок другого та третього віків у молодих культурах сосни звичайної доцільно застосовувати навесні першого року, в період весняної реактивації личинок препарат на основі композиції імідоклоприд, 100 г/л, біфентрин, 100 г/л, ацетоміприд 30 г/л (Антихрущ Люкс, к. с.) у нормі 1 л/га, 350 л/га робочого розчину, шляхом одноразового прикореневого поливу, а у період льоту та масової яйцекладки обробку поверхні ґрунту препаратами на основі тіаметоксаму (Актара, 25 WG, г. п.). За периметром розсадників, на відстані 2,0–2,5 м від краю насаджень, смугою завширшки 1,2–1,3 м, восени висаджувати у рівній пропорції жимолость козолисту (*Lonicera caprifolium* L.), дерен справжній (*Cornus mas* L.), маслину вузьколисту (*Elaeagnus angustifolia* L.), скумпію звичайну (*Cotinus coggygria* Scop.), а у міжряддях насаджень висівати гречку звичайну (*Fagopyrum sagittatum* Gilib.), в період льоту імаго хрущів, на початку масової яйцекладки самиць, на ділянці, що відокремлює кущові рослини від молодих культур сосни звичайної, знищувати бур'яни шляхом механічного рихлення ґрунту.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України,

включених до міжнародних наукометричних баз даних

1. **Коренчук Є. В.,** Фокін А. В., Дрозда В. Ф. Порогове рівняння шкідливості личинок пластинчастовусих (*Scarabaeidae, Melolonthinae*) фітофагів. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Агрономія. 2019. Вип. 95. Ч. 1. С. 226–236. (Здобувачем проведено експерименти та підготовано статтю до друку).
2. Коренчук Є. В., Дрозда В. Ф. Розподіл порогових значень шкідливості личинок пластинчастовусих фітофагів у часі. Карантин і захист рослин. 2019. № 5–6. С. 16–19. (Здобувачем побудовано модель та підготовано статтю до друку).
3. **Коренчук Є. В.,** Фокін А. В., Дрозда В. Ф. Конструювання системи регулювання чисельності комплексу пластинчастовусих (*Scarabaeidae, Melolonthinae*) фітофагів. Таврійський науковий вісник. 2020. Вип. 111. С. 88–95. (Здобувачем проведено експерименти, побудовано моделі та підготовано статтю до друку).
4. Коренчук Є. В., Дрозда В. Ф., Фокін А. В. Репродуктивні та просторові характеристики популяції хрущів (*Scarabaeidae, Melolonthinae*), важливі для оптимізації системи захисту сосни звичайної. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2020. № 1. С. 44–53. (Здобувачем проведено експерименти та підготовано статтю до друку).

Патенти України на корисну модель

5. Дрозда В. Ф., **Коренчук Є. В.** Патент України на корисну модель 112272, МПК А01G 1/00. Спосіб довготривалого контролю чисельності ґрунтоживучих фітофагів лісових розсадників і молодих культур. Заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. №u201606009; заявлено 03.06.2016; опубліковано 12.12.2016. Бюл. № 23. *(Здобувачем взято участь у проведенні досліджень, підготовці матеріалів до патентування).*

6. Дрозда В. Ф., **Коренчук Є. В.** Патент України на корисну модель 110216, МПК А01G 13/00. Спосіб попередження заселення лісових розсадників та молодих культур пластинчастовусими фітофагами. Заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. №u201604422; заявлено 21.04.2016; опубліковано 26.09.2016. Бюл. № 18. *(Здобувачем проведено експерименти та підготовано матеріали до патентування).*

7. Дрозда В. Ф., **Коренчук Є. В.** Патент України на корисну модель 131691, МПК А01М 1/00, А01М 5/00. Спосіб захисту розсадників та молодих культур сосни звичайної від пластинчастовусих фітофагів. Заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. №u201808196; заявлено 25.07.2018; опубліковано 25.01.2019. Бюл. № 2. *(Здобувачем проведено експерименти та підготовано матеріали до патентування).*

Тези наукових доповідей

8. Дрозда В. Ф., **Коренчук Є. В.** Мармуровий хрущ (*Polyphyllo fullo* L.) Особливості біології, поширення та шкідливість. Ресурсозберігаючі технології та їх правова і економічна оцінка в сільськогосподарському виробництві сільськогосподарському виробництві: Міжнародна наукова конференція, м. Київ, 27–28 квітня 2016 року: тези доповіді. К., 2016. С. 154–155. *(Здобувачем проведено дослідження, зроблено висновки, підготовано тези до друку).*

9. Дрозда В. Ф., **Коренчук Є. В.** Пластинчастовусі фітофаги лісових розсадників та молодих культур сосни звичайної. Поширення, шкідливість, природні регуляторні фактори. Ресурсозберігаючі технології та їх правова і економічна оцінка в сільськогосподарському виробництві сільськогосподарському виробництві: Міжнародна наукова конференція, м. Київ, 27–28 квітня 2016 року: тези доповіді. К., 2016. С. 33–35. *(Здобувачем проведено дослідження, написано та підготовано тези до друку).*

10. Дрозда В. Ф., **Коренчук Є. В.** Специфіка, характер заселення та шкідливість травневих хрущів у лісових розсадниках. Розвиток аграрної науки у ХХІ сторіччі: Міжнародна науково-практична інтернет-конференція, м. Миколаїв, 01 червня 2016 року: тези доповіді. Миколаїв, 2016. С. 7. *(Здобувачем проведено дослідження, інтерпретовано їх результати, підготовано тези до друку).*

11. Дрозда В. Ф., **Коренчук Е. В.** Технологические приёмы защиты рассадников молодых культур сосны обыкновенной от пластинчатоусых

фітофагов: Международная научно-практическая конференция, посвященная 70-летию Досмухамбетова Темирхана Мынайдаровича, г. Алматы, Республика Казахстан, 2019 года: тезисы доклада. Алматы, 2019. Т. 1. С. 256–261. (Здобувачем проведено дослідження, узагальнено дані, зроблено висновки, підготовано тези до друку).

АНОТАЦІЯ

Коренчук Є. В. Пластинчастовусі фітофаги молодих насаджень сосни звичайної в лісових розсадниках, особливості біології та контроль чисельності в центральному Лісостепу України. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільсько-господарських наук зі спеціальності 16.00.10 «Ентомологія». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2020.

У дисертації обґрунтовано та представлено оригінальну, екологічно спрямовану систему регулювання чисельності комплексу ґрунтових фітофагів: західного та східного травневих, мармурового, червненого та волохатого хрущів у розсадниках сосни звичайної, до основи якої покладено концепцію багаторічної програми насичення екосистеми ентомопатогенами (застосування препаратів Боверин, 5 % титр 900 млн/мл, Метаризин, 5 % с. п. титр 900 млн/мл, композиції Метаризин, 5 % с. п. + *Steinernema feltiae* 1,0–1,2 млн) до досягнення популяціями шкідників порогу зникнення. Причому застосування хімічних інсектицидів (Актара, 25 WG, в. г., Антихрущ Люкс, к. с.) передбачається лише на початковому етапі реалізації програми – навесні першого року і лише в період масового льоту та яйцекладки.

Застосування засобів регулювання чисельності хрущів здійснюється з урахуванням порогів шкідливості, моделі яких враховують енергетичну потребу у живленні цих видів, біомасу кореневої системи рослин та ефективність технології захисту у попередній період. Для весняного, літнього та осіннього періодів порогові моделі різняться. Для лісових екосистем є доцільним збільшення у системі захисту біологічної частки до рівня 60–80 %, порівняно до відомого співвідношення хімічного і біологічного методів (60:40), оскільки останнє було встановлене для агроценозів із урахуванням прийняттого рівня збереження урожаю.

Оцінка загрози розсадникам від ґрунтових фітофагів здійснюється для значних площ за оригінальним протоколом класифікаційної «штрафної системи» на основі бальної оцінки факторів ризику, а для локальних територій за допомогою статистичного методу на основі просторових розподілів критерію Сведберга відсотку загибелі рослин та «тиску» личинок на рослини (зменшення приросту). За результатами оцінки приймається управлінське рішення щодо застосування засобів регуляції чисельності.

Ключові слова: ґрунтові фітофаги, хрущі, сосна звичайна, порogi шкідливості, хімічний та біологічний методи, регуляція чисельності, оцінка загрози молодим культурам.

АННОТАЦИЯ

Коренчук Е. В. Пластинчатоусые фитофаги молодых насаждений сосны обыкновенной в лесных питомниках, особенности биологии и контроль численности в центральной Лесостепи Украины. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 16.00.10 «Энтомология». Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины. Киев, 2020.

В диссертации обоснована и представлена оригинальная, экологически направленная система регулирования численности комплекса почвенных фитофагов: западного и восточного майских, мраморного, июньского и волосатого хрущей в питомниках сосны обыкновенной, основанная на концепции многолетней программы насыщения экосистемы энтомопатогенами (применение препаратов Боверин, 5 % титр 900 млн/мл, Метаризин, 5 % с. п. титр 900 млн/мл, композиции Метаризин, 5 % с. п. + *Steinernema feltiae* 1,0–1,2 млн) до достижения популяциями вредителей порога исчезновения. Причем применение химических инсектицидов (Актара, 25 WG, в. г., Антихрущ Люкс, к. с.) предусматривается только на начальном этапе реализации программы – весной первого года и только в период массового лета и яйцекладки.

Применение средств регулирования численности хрущей производится с учетом порогов вредности, модели которых учитывают энергетическую потребность в питании фитофагов, биомассу корневой системы и эффективность технологии защиты в предыдущий период. Для весеннего, летнего и осеннего периодов пороговые модели различны.

Для лесных экосистем является целесообразным увеличение в системе защиты биологической составляющей до уровня 60–80 %, в сравнении с известным соотношением химического и биологического методов (60:40), поскольку последнее было установлено для агроценозов, с учетом приемлемого уровня сохранения урожая.

Оценка угрозы молодым культурам от почвенных фитофагов производится на больших площадях при помощи оригинального протокола классификационной «штрафной системы», основываясь на бальной оценке факторов риска, а для локальных территорий при помощи статистического метода, основанного на пространственных распределениях критерия Сведберга процента гибели растений и «давления» личинок на растения (уменьшение прироста). По результатам оценки принимается управленческое решение относительно применения средств регуляции численности.

Ключевые слова: почвенные фитофаги, хрущи, сосна обыкновенная, пороги вредности, химический и биологический методы, регуляция численности, оценка угрозы молодым культурам.

ANNOTATION

Korenchuk E. V. Scarabaeidae Phytophages of Young Plantations of Scots Pine in Forest Nurseries, Features of Biology and Population Control in the Central Forest-Steppe of Ukraine. – The Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of agricultural sciences on a specialty 16.00.10 «Entomology». National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, 2020.

The dissertation establishes biological and ecological features of the beetle complex. It is established that according to the indicators of female pupae mass, functional activity of gonads and fertility of females of pedunculate oak leaves is a substrate that optimizes the vital functions of females. In comparison with other deciduous species, the real fertility of females fed on oak leaves exceeds 1.5–2.5 times. The greatest threat to planting is larvae that have reborn from eggs laid during the period of mass egg-laying. Thus, these materials are the basis for the temporal localization of the use of various methods that lead to egg death.

The distribution of larvae in the soil shows that in May (in April the larvae are quite deep – 90 % at a depth of 50–75 cm) the most technological for the introduction of biological products is a depth of 10–30 cm – in this layer is concentrated up to 75 % of larvae; in June-July the depth can be reduced to 20 cm – almost 100 % of phytophages are in the surface horizons; in early August, in dry weather, the larvae migrate to wetter soil layers, so it is advisable to make drugs a little deeper by 20–40 cm – their concentration here is up to 88 %, but in late August and throughout September, the larvae with sufficient soil moisture again in surface layers up to 30 cm – 60–88 % of the total, in late September and October-November the main number of larvae – up to 85 %, concentrates on the wintering depth of 50–75 cm, the introduction of the drug to this depth is technologically unjustified.

The spatial structure of the concentration of beetle pupae in the soil layers was established. The unevenness of their distribution has patterns of ecological and physiological nature. Of the total, only 11.8 % of pupae were concentrated at a depth of up to 7 cm. The rate of their death for the period of spring reactivation was 65.2 %. The share of viable populations was only 34.8 %. In the following layers 8–15 cm, 16–24 and 25–35 cm 80.6 % of pupae were concentrated. Their death rate is 14.3–15.4 %, including from predators 2.1–6.7 %. Synoptic anomalies caused the death of 0.8–2.8 % of pupae. The viable share of the population is 84.6–85.7 %, which is a real threat to plantings.

The paper presents an original, ecologically oriented system of regulating the number of soil phytophagous complexes: western and eastern May, marble, June and hairy beetles in nurseries of Scots pine, which is based on the concept of a long-term program of ecosystem saturation with entomopathogens, 5 % of drugs / ml, Metarizin, 5 % SP titer 900 million/ml, compositions Metarizin, 5 % SP + *Steinernema feltiae* 1.0–1.2 million) until pest populations reach the threshold of extinction. Moreover, the use of chemical insecticides (Aktara, 25 WG, v. g., Antichrush Lux, h. p.) is provided only at the initial stage of the program – in the spring of the first year and only during the period of mass flight and egg-laying.

The initial efficacy of Boverin and Metarizin was 90 % – Boverin – 92 and Metarizin – 95 %, slightly inferior to Aktari – 97 %, but over the next month, with a general downward trend, the residual efficacy of Boverin (32 %) and Metarizin (45 %) significantly outweighed the effectiveness of the chemical insecticide (12 %). There is a significant tendency to reduce the effectiveness of Metarizin and Boverin: during the first 30 days the effectiveness of Metarizin decreases more rapidly, then stabilizes and decreases more slowly, in Boverin, on the contrary, in the first stage the effectiveness decreases more slowly, and finally decreases sharply. Their effectiveness coincides at different levels on approximately the 7th (A – level 90 %) and 37th (B – level 50 %) day after the start of the experiment. The period between these two points and further point B is a zone of complementary action of drugs. The complementarity zone is also observed with respect to thiamethoxam and nematode-fungal composition. Note the tendency to form complementary pairs – according to the initial efficiency. This indicates the feasibility of simultaneous use of two or more drugs that complement each other in effectiveness.

The use of population control means is carried out taking into account the thresholds of harmfulness, the models of which take into account the energy need for phytophagous nutrition, biomass of the plant root system and the effectiveness of protection technology in the previous period. For spring, summer and autumn, the threshold models are different.

For forest ecosystems, it is advisable to increase the biological part of the protection system to 60–80 %, compared to the known ratio of chemical and biological methods (60:40), as the latter was established for acrocyanoses, taking into account not only the ecological component but also acceptable levels yield.

Nursery threat from soil phytophagous is carried out for large areas according to the original protocol of the classification «penalty system» on the basis of scoring risk factors, and for local areas using a statistical method based on spatial distributions of the Swedberg criterion of plant attacks (percentage of death) and «pressure» of larvae on seedlings (reduction of growth to standard). Based on the results of the assessment, a management decision is made on the application of means of population regulation.

Key words: soil phytophages, beetles, Scots pine, harmfulness thresholds, chemical and biological methods, population regulation, nursery threat assessment.

Підписано до друку 30.10.20
Ум. друк. арк. 1,6
Наклад 100 прим.

Формат 60x84\16
Зам. № 200581

Віддруковано у редакційно-видавничому відділі НУБіП України
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041
тел.: 527-81-55