

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

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

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»

(сільськогосподарські науки)

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата наук

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

Є. В. Коренчук

Науковий керівник:

Дрозда Валентин Федорович

доктор сільськогосподарських наук,
професор.

Київ – 2020

АНОТАЦІЯ

Рациональні технології захисту рослин взагалі і лісостанів зокрема потребують вичерпної інформації із біології та екології домінуючих видів фітофагів. Така інформація висвітлює критичні періоди в онтогенезі фітофагів, їх реакцію до дії різноманітних стресових факторів біологічного та антропогенного походження. Враховуючи ці фактори можливо перейти від існуючої винищувальної стратегії, часто з високою господарською ефективністю але з не передбачуваними наслідками, до реалізації сучасних екологічно-безпечних технологій.

Аналіз видового складу шкідників свідчить, що до найбільш важливих належать західний *Melolontha melolontha* L. і східний *Melolontha hippocastani* F. травневі хрущі, мармуровий *Polyphylla fullo* L., сірий волохатий *Anoxia pilosa* F. та звичайний червневий *Amphimallon volgensis* Fisch. хрущі.

За результатами багаторічних спостережень, встановлено, що період шкідливості в межах вегетаційного періоду для личинок комплексу хрущів доцільно розділити на три етапи: весна, літо, осінь, залежно від фенології фітофагів. Модель порогу шкідливості в осінній період враховує підвищення рівня імовірності загибелі рослини внаслідок ослаблення личинками хрущів у весняний та літній періоди, а також ефективність проведених заходів регулювання чисельності цих фітофагів. Встановлене порогове значення співвідношення біомаси кореневої системи дворічних сіянців сосни звичайної та личинок пластинчастовусих фітофагів становить 1,71 для личинок першого і 0,75 – для личинок другого та третього віків.

За роки досліджень встановлено, що за функціональною активністю гонад та реальною плодючість листя дуба черешчатого та суцвіття сосни звичайної є оптимальним субстратом, що оптимізує усі параметри та життєві функції самиць хрущів. Також встановлено ритміку яйцекладки хрущів: перший період триває 5 – 7 днів, у цей період самиці відкладають від 17,8 до

29,4 % яєць незначної життєздатності (понад 45% гине); масова яйцекладка – 12 – 14 днів, відкладаються фізіологічно повноцінні яйця; третій період – 4 – 7 днів, самиці відкладають значну кількість фізіологічно неповноцінних яєць. Таким чином, було зроблено важливий висновок - найбільшу загрозу насадженням представляють личинки, котрі відродились з яєць відкладених у період масової яйцекладки. В результаті проведення ґрунтових розкопок встановлено просторову структуру розподілу лялечок хруща у шарах ґрунту: на глибині до 7 см концентрувалося 11,8% популяції лялечок, рівень їх загибелі на період весняної реактивації становить 65,2%. Причиною загибелі були: хижаки 42,1%, ентомопатогени 16,7, синоптичні аномалії - 6,4% лялечок. У шарах 8-15, 16-24 та 25-35 см концентрувалося 80,6% лялечок, рівень загибелі 14,3-15,4%. Причина загибелі: хижаки – 2,1–6,7%, синоптичні аномалії – 0,8-2,8% лялечок. Таким чином, життєздатна частина популяцій хрущів становить 84,6 – 85,7%, яка і є реальною загрозою насадженням.

В процесі досліджень популяції комплексу хрущів оцінювались за показниками життєздатності, загальний рівень якої виявився досить низьким для більшості фітофагів, лише для східного та західного травневого хрущів становив 11-12%. Аналіз причин цієї тенденції показав високу загибель пластинчастовусих від ентомопатогенних збудників та ентомофагів (для *M. melolontha* до 30% у 2016 році). При чому загибель від хвороб для травневих західного та східного хрущів становила 70-80%, для червневого, волохатого та мармурового на рівні 50%. Такий вплив природного інфекційного фону на популяції ґрунтових фітофагів свідчить про доцільність введення в сучасні технології захисту лісових насаджень саме біопрепаратів. Однак різноманітність чинників, що впливають на ефективність біологічних агентів, обумовлюють необхідність їх випробовування та порівняння ефективності у лісових екосистемах за різних синоптичних умов, що і передбачалося програмою наших лабораторних і польових досліджень.

В результаті виконання програми досліджень нами встановлена ефективність препаратів Боверин (*Beauveria bassiana*) та Метаризин

(*Metarrhizium anisopliae*) відносно личинок пластинчатовусих порівняно до хімічних продуктів: при обробці поверхні ґрунту початкова ефективність Боверину та Метаризину була: 92 і 95% відповідно, що дещо поступається Актарі – 97%, але протягом місяця залишкова ефективність Боверину (32%) та Метаризину (45%) істотно переважала ефективність хімічного інсектициду (12%). Смертність личинок, лялечок та імаго західного травневого хруща залежала від концентрації конідій *Beauveria bassiana* та періоду їх внесення. Було показано тенденцію нарощування ефективності протягом сезону, ті з них, що мали більш високу концентрацію інфекційного матеріалу 20 x 10 та 50 x 10 наприкінці вегетації показали результати смертності на рівні 30 і 50% відповідно. При цьому встановлено, що у травні оптимальною для внесення біопрепаратів є глибина 10-30 см – в цьому шарі концентрується до 75% личинок; 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, тобто внесення препарату на цю глибину технологічно невиправдане.

Також отримані дані щодо ефективності біопрепаратів: при обробці поверхні ґрунту 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, їх ефективність співпадає на 90 та 50% рівнях – період між ними є зоною комплементарної дії препаратів.

Для підсумкової ж ефективності визначено, що за кількістю збережених рослин та за приростом пагонів протягом вегетації варіант із застосуванням Боверину показав вищі результати – 21,4 см на 50-ту добу після застосування (для Метаризину максимальне значення приросту на цей же термін 19,4 см, у контролі – 8,4 см).

Також було розроблено низку інших оригінальних технологічних прийомів, захищених патентами України.

Результати випробовування глютамінової кислоти у композиції із живильним концентратом лізином, хімічного інсектициду на основі тіаметаксаму та оригінальної композиції *Steinernema feltiae* 1,0 – 1,2 млн. + 5,0%-ний *Metarrhizium anisopliae* показали, що ефективність оригінального способу становила 84,3%, проти 69,8% із застосуванням глютамінової кислоти та лізину. Встановлено, що підсумкова ефективність використання препарату Антихрущ Люкс к.с. відносно личинок хрущів у період їх 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%.

Для оптимізації моніторингових досліджень з метою оцінки загрози розсадникам сосни звичайної була розроблена оригінальна класифікаційна модель, представлена у вигляді протоколу факторів індикаторів ризику і штрафних балів, що відповідають їм, а також чотирьохрівневої шкали категорій загрози, які визначаються за сумою штрафних балів. Результати апробації «штрафної системи» за роки досліджень у лісостеповій зоні показали високий, 4-ї категорії рівень загрози розсаднику сосни звичайної. З іншого боку, розуміючи певну суб'єктивність класифікаційних моделей розробили і статистичну версію - модель на основі просторових розподілів впливів личинок комплексу хрущів на саджанці сосни звичайної, а саме розподілів випадів саджанців та пригнічення росту рослин внаслідок живлення личинок на кореневій системі. Результати апробації методу просторових розподілів впливів личинок комплексу хрущів показали високий рівень загрози розсаднику сосни звичайної (4 бали). У підсумку, об'єднуючи основні цінні характеристики цих моделей: простота і швидкість побудови для першої та точність для другої 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 існування.

Ґрунтуючись на сучасному баченні взаємодії хімічних та біологічних природних регуляторів чисельності шкідливих комах було сконструйовано систему регулювання чисельності комплексу пластинчастовусих фітофагів, побудовану на принципах зворотного зв'язку. Незначні значення порогів шкідливості для хрущів і низький рівень порогу зникнення їх популяцій дозволяє прогнозувати доцільність захисних заходів на всіх етапах лісовідновлення, як у розріджених минулих років, так і у щойно закладених насадженнях. При цьому встановлено, що для уникнення дестабілізуючого ефекту повторного застосування хімічного інсектициду і зведення до мінімуму запізнення реакції природних регуляторів чисельності у конструкцію системи захисту необхідно вводити біологічні елементи, дія яких і ефективність будуть наслідком насичення екосистеми біоагентами на попередньому етапі: хімічний метод вирішує поточну проблему, а біоагенти забезпечують стабільність і саморегуляцію екосистеми в цілому. Це вирішується шляхом застосування біоагентів відразу після або паралельно із хімічною обробкою протягом 3-4-х років, досягаючи для популяції фітофагів порогу зникнення. Загалом було запропоновано та апробовано наступний технологічний сценарій: навесні 1-го року, в період весняної реактивації личинок доцільно застосовувати 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.), замінюючи на 2-3-му році хімічний інсектицид на біопрепарат (Боверин, 5% титр 900 млн/мл), а відносно личинок 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. Застосування засобів регулювання чисельності здійснюється з урахуванням порогів шкідливості, моделі яких враховують енергетичну потребу у живленні фітофагів, біомасу кореневої системи рослин та ефективність технології захисту у попередній період. Для весняного, літнього та осіннього періодів порогові моделі різняться.

У перерахунку на десятирічний період існування розсадника витрати на хімічні препарати (наприклад, препарати на основі тіаметокаму - Актара 25, в.г.), будуть у 35 разів перевищувати вартість реалізації запропонованої програми у перші три роки. Додатковий біоценотичний ефект у перший рік реалізації програми відносно личинок та лялечок хрущів становить 87%, на другий та третій роки до нього додається 20% додаткового ефекту відносно яєць хрущів. Таким чином, технології, побудовані на хімічному захисті характеризуються меншою ефективністю у підсумку, є небажаними у плані порушення екологічної рівноваги у лісовій екосистемі і не здатні повністю вирішити проблему ґрунтових фітофагів, виконуючи лише функцію стримування росту популяцій комплексу хрущів. Загалом, 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 не лише екологічної компоненти, але і прийняттого рівня урожайності.

Ключові слова: ґрунтові фітофаги, хрущі, сосна звичайна, пороги шкідливості, хімічний та біологічний методи, регуляція чисельності, оцінка загрози розсадникам.

ANNOTATION

Rational technologies of plant protection in general and forest stands in particular require comprehensive information on the biology and ecology of the dominant species of phytophagous. Such information highlights critical periods in

the ontogenesis of phytophages, their response to various stressors of biological and anthropogenic origin. Given these factors, it is possible to move from the existing fighter strategy, often with high economic efficiency but with unpredictable consequences, to the implementation of modern environmentally friendly technologies.

Analysis of the species composition of pests shows that the most important are western *Melolontha melolontha* L. and eastern *Melolontha hippocastani* F. May beetles, marble *Polyphylla fullo* L., gray hairy *Anoxia pilosa* F. and common June *Amphimallon volgensis* Fisch. beetles.

According to the results of long-term observations, it is established that the period of damage within the growing season for the larvae of the beetle complex should be divided into three stages: spring, summer, autumn, depending on the phenology of phytophages. The model of the threshold of harmfulness in the autumn takes into account the increase in the probability of plant death due to the weakening of beetle larvae in the spring and summer, as well as the effectiveness of measures to control the number of these phytophages. The established threshold value of the ratio of biomass of the root system of biennial seedlings of Scots pine and larvae of lamellar phytophages is 1.71 for larvae of the first and 0.75 - for larvae of the second and third ages.

Over the years, research has shown that the functional activity of the gonads and the actual fertility of the leaves of pedunculate oak and Scots pine inflorescence is the optimal substrate that optimizes all the parameters and vital functions of female beetles. The rhythm of egg-laying of beetles is also established: the first period lasts 5 - 7 days, during this period females lay from 17.8 to 29.4% of eggs of insignificant viability (over 45% die); mass egg-laying - 12 - 14 days, physiologically full-fledged eggs are laid; the third period - 4 - 7 days, females lay a significant number of physiologically defective eggs. Thus, an important conclusion was made - the greatest threat to planting is posed by larvae that have reborn from eggs laid during the period of mass egg-laying. As a result of soil excavations, the spatial structure of the distribution of beetle pupae in the soil layers

was established: 11.8% of the pupae population was concentrated at a depth of up to 7 cm, their death rate for the period of spring reactivation is 65.2%. The cause of death was: predators 42.1%, entomopathogens 16.7, synoptic anomalies - 6.4% of pupae. In layers 8-15, 16-24 and 25-35 cm 80.6% of pupae were concentrated, the death rate was 14.3-15.4%. Cause of death: predators - 2.1-6.7%, synoptic anomalies - 0.8-2.8% of pupae. Thus, the viable part of beetle populations is 84.6 - 85.7%, which is a real threat to plantings.

In the process of research, the populations of the beetle complex were assessed by viability indicators, the overall level of which was quite low for most phytophages, only for the eastern and western May beetles was 11-12%. Analysis of the causes of this trend showed a high death of lamellar from entomopathogenic pathogens and entomophages (for *M. melolontha* up to 30% in 2016). Moreover, the death rate from diseases for May western and eastern beetles was 70-80%, for June, hairy and marble at 50%. This influence of the natural infectious background on the population of soil phytophagous testifies to the expediency of introducing biological products into modern technologies of forest plant protection. However, the variety of factors influencing the effectiveness of biological agents necessitates their testing and comparison of efficiency in forest ecosystems under different weather conditions, as provided by the program of our laboratory and field studies.

As a result of the research program, we found the effectiveness of Boverin (*Beauveria bassiana*) and Metarizin (*Metarrhizium anisopliae*) against larvae compared to chemical products: when treating the soil surface, the initial effectiveness of Boverin and Metarizin was: 92 and 95%, respectively, 97%, but during the month the residual effectiveness of Boverin (32%) and Metarizin (45%) significantly outweighed the effectiveness of the chemical insecticide (12%). Mortality of larvae, pupae and adults of the western May beetle depended on the concentration of conidia of *Beauveria bassiana* and the period of their introduction. The trend of increasing efficiency during the season was shown, those of them that had a higher concentration of infectious material 20 x 10 and 50 x 10 at the end of the growing season showed mortality at 30 and 50%, respectively. It was found that

in May the optimal depth for the introduction of biological products is 10-30 cm - in this layer is concentrated up to 75% of larvae; in June - July - up to 20 cm; in early August - 20-40 cm, in late August and throughout September the larvae are kept 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%, concentrating on depth winter 50-75 cm, ie the introduction of the drug to this depth is technologically unjustified.

Also obtained data on the effectiveness of biologicals: when treating the soil surface for 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 in the end - decreases sharply. at 90 and 50% levels - the period between them is a zone of complementary action of drugs.

For the final efficiency, it was determined that the number of preserved plants and the growth of shoots during the growing season variant with the use of Boverin showed higher results - 21.4 cm on the 50th day after application (for Metarizin the maximum value of growth for the same period is 19.4 cm , in control - 8.4 cm).

A number of other original technological techniques protected by Ukrainian patents have also been developed.

The results of testing glutamic acid in a composition with a nutrient concentrate of lysine, a chemical insecticide based on thiametaxam and the original composition *Steinernema feltiae* 1.0 - 1.2 million + 5.0% *Metarrhisium anisopliae* showed that the effectiveness of the original method was 84.3% , against 69.8% with the use of glutamic acid and lysine. It is established that the final effectiveness of the drug Antichrush Lux hp relative to the larvae of beetles in the period of their spring reactivation was 91.3%, at the level of efficiency Actors 25 v.g. - 91.8%, and with a significant excess of the effectiveness of the drug Fastak k.e. - 74.2%.

To optimize monitoring studies to assess the threat to Scots pine nurseries, an original classification model was developed, presented as a protocol of risk factors and corresponding penalty scores, as well as a four-level scale of threat categories determined by the sum of penalty scores. The results of testing the "penalty system"

over the years of research in the forest-steppe zone showed a high, 4th category level of threat to the nursery of Scots pine. On the other hand, understanding a certain subjectivity of classification models, a statistical version was developed - a model based on spatial distributions of beetle larvae on pine seedlings, namely distributions of seedlings and plant growth inhibition due to larval feeding on the root system. The results of testing the method of spatial distribution of the effects of larvae of the beetle complex showed a high level of threat to the nursery of Scots pine (4 points). As a result, combining the main valuable characteristics of these models: simplicity and speed of construction for the first and accuracy for the second, it is established that the results of threat assessment performed using classification and statistical models allow optimizing management decisions for emergency intervention with chemical insecticides and long-term programs with the predominance of elements of biological protection to bring the beetle population to the threshold of existence.

Based on the modern vision of the interaction of chemical and biological natural regulators of the number of harmful insects, a system of regulating the number of lamellar phytophagous complexes was built, based on the principles of feedback. Insignificant values of thresholds of harm to beetles and low level of threshold of extinction of their populations allow to predict expediency of protective measures at all stages of reforestation, both in sparse past years, and in newly laid plantings. It was found that to avoid the destabilizing effect of re-application of chemical insecticide and minimize the delay of the reaction of natural regulators in the design of the protection system must introduce biological elements, the action and efficiency of which will result from saturation of the ecosystem with bioagents at the previous stage. and bioagents provide stability and self-regulation of the ecosystem as a whole. This is solved by applying bioagents immediately after or in parallel with chemical treatment for 3-4 years, reaching the threshold of extinction for the phytophagous population. In general, the following technological scenario was proposed and tested: in the spring of the 1st year, during the spring reactivation of larvae, it is advisable to use a drug based on the composition imidoclopride, 100 g / l, bifenthrin, 100 g / l, acetomiprid 30 g / l (Antichrush Lux k. s.) at a rate of 1 l /

ha, 350 l / ha of working solution, by a single root irrigation, and during the flight and mass egg-laying treatment of the soil surface with drugs based on thiamethoxam (Aktara, 25 WG, etc.), replacing In the 2-3rd year, a chemical insecticide for a biological product (Boverin, 5% titer 900 million / ml), and for larvae, apply Boverin, 5% titer 900 million / ml or Metarizin, 5% s.p. titer 900 million / ml, to a depth of 10-30 cm, in June-July, August, late August - September to apply the composition Metarizin, 5% s.p. + *Steinernema feltiae* 1.0 - 1.2 million, bringing it into the soil to a depth of 20 cm (every 50 days), 20-40 and 30 cm, respectively. The use of means of population control 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 root system of plants and the effectiveness of protection technology in the previous period. For spring, summer and autumn periods, the threshold models differ.

In terms of the ten-year period of the nursery's existence, the costs of chemicals (for example, drugs based on thiametokam - Aktara 25, this year) will be 35 times higher than the cost of implementing the proposed program in the first three years. The additional biocoenotic effect in the first year of the program in relation to beetle larvae and pupae is 87%, in the second and third years it is supplemented by 20% of the additional effect in relation to beetle eggs. Thus, technologies based on chemical protection are less effective in the end, are undesirable in terms of disturbing the ecological balance in the forest ecosystem and are not able to completely solve the problem of soil phytophages, performing only the function of inhibiting the growth of beetle complexes. In general, for forest ecosystems it is advisable to increase the biological share in the protection system to 60-80%, compared to the known ratio of chemical and biological methods (60:40), as the latter was established for agrocenoses, taking into account not only the ecological component but also acceptable level of yield.

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

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 наук. 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., 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).*

3. 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).*

4. Коренчук Є., Дрозда В. Ф. Розподіл порогових значень шкідливості личинок пластинчастовусих фітофагів у часі. Карантин і захист рослин. 2019. № 5-6. С. 16-19. *(Здобувачем побудована модель 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. № u 201606009; заявлено 03.06.2016; опубліковано 12.12.2016. Бюл.

№ 23. *(Здобувачем взято участь у проведенні досліджень, підготовці матеріалів до патентування).*

6. Дрозда В.Ф., Корєнчук 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. № у 201604422; заявлено 21.04.2016; опубліковано 26.09.2016. Бюл.

№ 18. *(Здобувачем проведено експерименти та підготовано матеріали до патентування).*

7. Дрозда В.Ф., Корєнчук 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. № у 201808196; 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., Корєнчук Є. В. Мармуровий хрущ (*Polyphyla 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., Корєнчук 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 С. В. Специфіка, характер заселення та шкідливість травневих хрущів у лісових розсадниках. Розвиток аграрної науки у ХХІ сторіччі: міжнародна науково-практична інтернет-конференція, м. Миколаїв, 1 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 фитофагов : тезисы международной науч.-практ. конф., посвященной 70-летию Досмухамбетова Темирхана Мынайдаровича (г. Алматы, Казахстан, 2019 г.). Алматы, 2019. Т.1. С. 256–261. *(Здобувачем проведено дослідження, узагальнено дані, зроблено висновки, підготовано тези до*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1	
ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД.	
ЕКОЛОГІЯ, ШКІДЛИВІСТЬ ТА ЗСОБИ РЕГУЛЮВАННЯ	
ЧИСЕЛЬНОСТІ ПЛАСТИНЧАСТОВУСИХ КОМАХ-ФІТОФАГІВ.....	24
1.1 Екологічні питання, пов'язані із комплексом пластинчастовусих	
фітофагів.....	24
1.2 Рівні та пороги шкідливості ґрунтових фітофагів.....	30
1.3 Засоби регулювання чисельності пластинчастовусих фітофагів	
хімічний метод та біологічні агенти.....	33
Висновки до розділу 1.....	38
РОЗДІЛ 2	
УМОВИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	42
2.1. Місце проведення досліджень.....	42
2.2. Умови проведення досліджень.....	43
Методи досліджень.....	49
РОЗДІЛ 3	
МОДЕЛЮВАННЯ ПОРОГІВ ШКІДЛИВОСТІ ЛИЧИНОК КОМПЛЕКСУ	
ПЛАСТИНЧАСТОВУСИХ КОМАХ-ФІТОФАГІВ.....	63
3.1. Порогове рівняння шкідливості личинок пластинчастовусих	
фітофагів.....	63
3.2. Розподіл порогових значень шкідливості личинок пластинчастовусих	
фітофагів у часі.....	75
Висновки до розділу 3.....	81

РОЗДІЛ 4

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕГУЛЮВАННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ

ПЛАСТИНЧАСТОВУСИХ ФІТОФАГІВ.....	83
4.1. Теоретичні передумови та гіпотеза.....	83
4.2. Біоекологічні характеристики різних стадій хрущів, що мають значення для оптимізації системи захисту.....	84
4.2.1. Формування репродуктивного потенціалу самиць.....	86
4.2.2. Характеристика яйцекладок.....	91
4.2.3. Розподіл личинок у ґрунті.....	93
4.2.4. Розподіл лялечок у ґрунті.....	95
4.3. Результати випробовування біологічних засобів регулювання Чисельності.....	97
4.4. Результати випробовування хімічних засобів регулювання Чисельності.....	113
4.5. Дослідження репелентного впливу рослинності на популяції хрущів.....	119
4.6. Конструювання системи регулювання чисельності комплексу пластинчастовусих фітофагів.....	122
Висновки до розділу 4.....	131

РОЗДІЛ 5

ОЦІНКА ЗАГРОЗИ РОЗСАДНИКАМ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ ВІД ЛИЧИНОК ПЛАСТИНЧАСТОВУСИХ ФІТОФАГІВ.....

5.1. Протокол «штрафної системи» оцінки загрози розсадникам сосни звичайної від личинок комплексу пластинчастовусих фітофагів.....	140
5.2. Оцінка загрози розсаднику із використанням просторових розподілів впливів личинок пластинчатовусих фітофагів на культуру сосни звичайної.....	146
Висновки до розділу 5	152

РОЗДІЛ 6

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ДОВГОТРИВАЛОЇ ПРОГРАМИ ЗАХИСТУ РОЗСАДНИКІВ ТА МОЛОДИХ КУЛЬТУР СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ ВІД КОМПЛЕКСУ ХРУЩІВ.....	153
Висновки до розділу 6.....	158
ВИСНОВКИ.....	160
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	163
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	165
ДОДАТКИ	190

ВСТУП

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, як за чисельністю так і за шкідливістю [14, 15, 110, 206].

Особливо небезпечними є група пластинчовусих фітофагів, зокрема, різноманітні види хрущів. Їх личинки характеризуються винятковою шкідливістю, пошкоджуючи коріння молодих рослин сосни у розсадниках. Значна трофічна активність личинок, тривалий, три та більше років розвиток, відсутність високоспеціалізованих видів паразитів та хижаків, прихований спосіб життя у ґрунті [140] обумовлюють значне поширення, шкідливість і виживання цієї групи фітофагів навіть у лісових насадженнях де застосовуються сучасні системи застосування хімічного захисту [153]. Таким чином, фактично отримання високоякісних товарних саджанців цілком залежить від поширення та шкідливості хрущів.

Варто наголосити на тому, що значним рівнем шкідливості характеризуються також дорослі особини хрущів, котрі після весняної реактивації інтенсивно живляться листям багатьох деревних порід [93], а також суцвіттями та хвою сосни. Сучасні технології захисту розсадників та молодих культур характеризуються інтенсивним використанням досить токсичних хімічних інсектицидів, шляхом багаторазового внесення їх в ґрунт для знищення личинок пластинчастовусих. Ефективність цих заходів є тимчасовою і не вирішує проблеми ґрунтових фітофагів в цілому. Крім того загальновідомі негативні наслідки цих технологій на довкілля в цілому і стабільне функціонування лісових екосистем зокрема [167]: спостерігається масова загибель хижих комах, що пов'язані із ґрунтом – турунів та стафілінід, пригнічується діяльність дощових черв'яків. Саме тому пошуки альтернативних, безпечних прийомів захисту розсадників і молодих культур є досить актуальною проблемою лісівничої галузі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана в рамках робочої програми Національного університету біоресурсів і природокористування України за державною темою: «Розробити наукові основи прогнози росту основних лісотвірних порід України» номер державної реєстрації (№ 0117U001255),- у розробці моделей прогнозу впливів шкідників на ріст і формування сосни звичайної.

Мета і завдання досліджень. Мета дисертаційного дослідження – визначити основні елементи біології та екології пластинчастовусих фітофагів, важливі для розробки порогів шкідливості, методів оцінки загрози та оптимізації екологічнобезпечних методів контролю їх чисельності у розсадниках сосни звичайної.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- побудувати модель порогового рівняння шкідливості личинок пластинчастовусих фітофагів;
- встановити розподіл порогових значень шкідливості личинок пластинчастовусих фітофагів у часі, на різних етапах вегетаційного періоду;
- встановити ефективність препаратів Боверин (*Beauveria bassiana*) та Метаризин (*Metarrhizium anisopliae*) відносно личинок пластинчастовусих;
- дослідити біоекологічні особливості різних стадій хрущів, які дозволяють оптимізувати технологію захисту від них насаджень сосни звичайної;
- випробувати оригінальну композицію на основі ентомопатогенної нематоди *Steinernema feltiae* та гриба *Metarrhizium anisopliae*;
- розробити елементи технології застосування біологічних та хімічних препаратів відносно личинок пластинчастовусих: спосіб застосування, глибина внесення;
- розробити класифікаційну модель оцінки загрози розсадникам сосни звичайної від комплексу пластинчастовусих фітофагів;

- розробити модель оцінки загрози розсадникам із використанням просторових розподілів впливів личинок пластинчастовусих фітофагів на культуру сосни звичайної;
- сконструювати систему регулювання чисельності комплексу пластинчастовусих фітофагів, побудовану на принципах зворотнього зв'язку.

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

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

Методи дослідження. *Польовий метод обліку* – для встановлення структури комплексу пластинчастовусих фітофагів та їх щільності, оцінки ефективності заходів захисту, розробки моделі оцінки загрози розсадникам із використанням просторових розподілів впливів фітофагів на сосну звичайну; *лабораторний метод* – для оцінки ефективності біопрепаратів та життєздатності яєць хрущів; *метод графічного моделювання* – для розробки моделі порогів шкідливості; *аналітичний метод* – для розробки класифікаційної моделі оцінки загрози розсадникам; *статистичні методи аналізу* – для визначення статистичних залежностей між дослідженими біологічними та екологічними змінними.

Наукова новизна одержаних результатів:

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

- досліджено особливості формування репродуктивного потенціалу самиць хрущів, динаміки їх яйцекладки, життєздатність яєць, поширової локалізації яєць, личинок та діапаузуючих лялечок у ґрунті;
- розроблено довготривалу, 3-4-х річну, програму захисту молодих культур сосни звичайної від личинок пластинчастовусих, яка ґрунтується на застосуванні біоагентів відразу після або паралельно із хімічною обробкою, досягаючи для популяції фітофагів порогу зникнення;
- визначено ефективність хімічного інсектициду Антихрущ Люкс к.с. відносно личинок хрущів у період їх весняної реактивації;
- розроблено метод оцінки загрози розсадникам від пластинчастовусих на основі просторових розподілів впливів личинок на саджанці сосни звичайної – розподілів випадів та зменшення висоти саджанців;

удосконалено:

- систему контролю чисельності комплексу пластинчастовусих фітофагів;
- підходи щодо оцінки загрози лісовим культурам від личинок комплексу хрущів;

набули подальшого розвитку:

- концепція порогових рівнів шкідливості на основі біоенергетичних показників потреби живлення фітофагів [49, 155];
- принципи створення кваліфікаційних моделей для оцінки загрози лісовим культурам від комах-фітофагів [8].

Практичне значення одержаних результатів полягає у визначенні порогів шкідливості личинок комплексу хрущів у розсадниках сосни звичайної, розробці класифікаційного та статистичного методів оцінки загрози лісовим культурам від личинок пластинчастовусих фітофагів, розробці 3-4-х річної програми захисту молодих культур сосни звичайної від комплексу хрущів з метою досягнення для їх популяцій порогу зникнення. Показано, що з метою контролю чисельності пластинчастовусих фітофагів доцільно застосовувати навесні 1-го року, в період весняної реактивації личинок препарат на основі

композиції імідоклоприд, 100 г/л, біфентрин, 100 ш/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.), замінюючи на 2-3-му році хімічний інсектицид на біопрепарат (Боверин, 5% титр 900 млн/мл), а відносно личинок 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 з економічним ефектом грн/га.

Особистий внесок здобувача. Участь у плануванні досліджень, особисте проведення лабораторних і польових дослідів, статистична обробка та аналіз експериментальних даних, побудова математичних моделей, апробація та впровадження результатів у виробництво, патентування нових технічних рішень, підготовка матеріалів до друку.

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

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, 3 тез наукових доповідей.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота викладена на 185 сторінках комп'ютерного тексту і складається з анотацій, вступу, 6 розділів, висновків та рекомендацій виробництву, списку використаних джерел і додатків. Дисертація містить 45 таблиць і 37 рисунків. Список літературних посилань містить 224 джерел, 45 з яких – латиницею.

РОЗДІЛ 1

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД.

ЕКОЛОГІЯ, ШКІДЛИВІСТЬ ТА ЗСОБИ РЕГУЛЮВАННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ ПЛАСТИНЧАСТОВУСИХ КОМАХ-ФІТОФАГІВ

Аналіз літературних джерел свідчить, що найбільшу увагу дослідників за весь час вивчення шкідливих видів пластинчастовусих, а це майже 200 років, привертало питання, пов'язані із біологією, трофікою, динамікою чисельності, фенологією, фізіологією, порогами шкідливості для різних культур, як сільськогосподарських, так і лісових, а також із засобами та технологіями регулювання чисельності цієї групи комах. Якщо життєві цикли були досконально вивчено і ця тема рідко піднімається у публікаціях, то екологічна проблематика – особливо на міжпопуляційному рівні, динаміка популяцій, питання взаємодії цієї групи фітофагів із рослинами залишається пріоритетною і набуває особливого значення у поєднанні із проблемами регулювання чисельності ґрунтових шкідників.

1.1. Екологічні питання, пов'язані із комплексом пластинчастовусих фітофагів

Загалом комплекс шкідливих видів хрущів, що поширені у Лісостеповій та Степовій зонах України містить 54 види, у тому числі безпосередньо у Лісостепу 43 види. За шкідливістю С.І. Медведєвим [88] вони розділені на три групи: до найбільш важливих належать західний *Melolontha melolontha* L. і східний *Melolontha hippocastani* F. травневі хрущі, мармуровий *Polyphylla fullo* L., сірий волохатий *Anoxia pilosa* F., квітневий *Rhizotrogus aequinoctialis* Hrbst., звичайний червневий *Amphimallon volgensis* Fisch. хрущі та хлібний жук-кузька *Anisoplia austriaca* Hrbst. Практично всі вони, за виключенням кузьки та квітневого хруща (шкодить переважно у зоні Степу), є шкідниками розсадників та молодих насаджень сосни звичайної у зоні Лісостепу.

В ретроспективі спектр проведених досліджень, що стосуються загальних і прикладних питань екології названих видів: західний та східний травневі, мармуровий, червневий та волохатий хрущі досить значний. Із важливих робіт варто відмітити праці В. Огієвського [102], Э. Зверезомб-Зубовського [47], М. Костенко [72], З. Голов'янка [30, 32, 34, 35], О. Знаменського [48], В. Березіної [7], П. Положенцева [108], П. Трошаніна [142], А. Космачевського [71], М. Гілярова [28], присвячені трофіці травневих хрущів, їх популяційній структурі і розподілу у стаціях лісових біоценозів, особливостям застосування засобів регулювання чисельності, пов'язаних з екологічними аспектами міжвидових та міжпопуляційних взаємовідносин.

Монографічні роботи К. Россікова [1114] та З. Голов'янка [33] по мармуровому хрущу є на сьогодні єдиними у світовій літературі зведеннями із біології та екології цього виду. Варто вказати і фундаментальну працю С. Медведєва [86, 87], яка попри виражений систематичний характер містить значний масив інформації щодо біології та екології пластинчастовусих фітофагів.

Окремо слід зупинитися на роботі Я.П. Циновського [172], яка за масштабністю проведених досліджень із фенології та фізіології західного та травневого хрущів, що дозволяють побудувати прогностичні тренди заляльковування їх личинок, не має аналогів, а ні у світовій, а ні у вітчизняній

літературі. Важливими висновками із цієї роботи стало чітке визначення глибини зимівлі личинок різного віку та заляльковування. Так, автор встановив, що личинки західного травневого жука зимують на глибині: перший вік – 16-35 см, другий вік – 11-50 см, третій вік – 16-75 см, а заляльковується на глибині 6-45 см. Для східного травневого хруща: личинки першого віку – 11-40 см, другого – 11-50 см, третього – 5-107 см, заляльковування відбувається на глибині 10-50 см. Тобто істотна різниця стосується лише зимівлі личинки третього віку східного хруща – вони зимують значно глибше ніж личинки західного.

В останні роки істотно зросла кількість повідомлень про спалахи масового розмноження комах-фітофагів у лісових екосистемах, зокрема рудого та звичайного соснових пильщиків, непарного та сибірського шовкопрядів, шовкопряда-монашенки, соснового п'ядуна, листокруток [1, 3, 89, 90, 94, 133, 204, 205, 221, 222], стовбурових шкідників [91, 207], соснового підкорового клопа [92] тощо. Не є виключенням і пластинчастовусі – відбувається відчутне збільшення популяцій травневих хрущів у ряді країн: Німеччина (Гессен, Баварія), Австрія, Італія (райони Трентино, Південний Тіроль) [179, 212, 215, 223, 224], перш за все внаслідок зменшення антропогенного навантаження (спеціальними дослідженнями встановлено, що сила впливу пестицидів та агротехніки на ґрунтових членистоногих складає 30% [135]), тому новітні дослідження екології пластинчастовусих тісно пов'язані із питаннями популяційної динаміки, зокрема із розробкою різноманітних моделей, що дозволяють інтерпретувати дані обліків та розробити прогностні тренди зміни чисельності залежно від ландшафтно-екологічного різноманіття [39]. Відомо три стратегічних підходи до опису змін чисельності популяцій лісових комах: перший – базується на аналізі чисельності популяцій із урахуванням впливів різних екологічних факторів (кліматичних, ландшафтно-екологічних тощо); другий – полягає у встановленні взаємовідносин між комахами на міжпопуляційному рівні, залежно від трофічної бази та природних регуляторів чисельності (хижаки, паразитоїди)

[65, 95]; третій – ґрунтується на використанні метода фазових портретів і виявленні параметрів, що віддзеркалюють взаємо'звязки в системі лісового біоценозу, при цьому досліджуються не окремі форми регуляції чисельності, а регуляторні механізми всієї екологічної системи, її стійкість та запізнення, характер прямих та зворотніх зв'язків, розмірність фазових портретів і їх якісне наповнення, при цьому відпадає необхідність оцінки тих чи інших параметрів лісової екостистеми залежно від конкретних факторів довкілля, наприклад кліматичних [55]. Так, в межах названих підходів розроблена непараметрична модель динаміки чисельності ізольованої популяції видів з поколіннями, що перекриваються, до яких належать і хрущі. При цьому враховуються умови зимового періоду, коли зміни чисельності описуються за допомогою розривів «стрибків траєкторії динаміки донизу». Модель дозволяє описувати популяційні процеси при постійній чисельності популяції взимку та залежно від умов живлення, важливим результатом є встановлення факту, що при нелінійній залежності особин, які вижили від середньої їх чисельності динаміка може мати не тільки циклічний, але й хаотичний характер, що істотно зменшує імовірність підтвердження прогнозів [97]. Розроблені також моделі динаміки чисельності лісових фітофагів, популяції яких знаходяться у стабільно розрідженому стані – осциляторна модель зміни щільності популяції, модель одномірної потенційної ями, яка дозволяє прогнозувати імовірність виходу популяції із зони стабільності і перехід її до початку спалаху масового розмноження, модель «фітофаг – ентомофаг» із урахуванням реакції запізнення ентомофага, моделі фазових переходів для опису спалахів масового розмноження [132, 198], популяційно-енергетична модель спалахів чисельності, ARMA- моделі динаміки чисельності, розроблені із урахуванням біотичних (паразити, хижаки, хвороби), модифікуючих (перш за все погодні умови) та харчової бази, моделі стійкості популяцій комах за низьких рівнів щільності [55, 57, 58, 62, 74, 186, 187, 189, 191], оптимізаційна модель із урахуванням енергетичного балансу споживання корму [136], дана оцінка посторово-часової когерентності популяційної динаміки [104]. На основі

гіпотези щодо наявності у популяцій комах багаторічної, річної та сезонної динаміки як одного з механізмів нелінійного зворотного зв'язку, що постійно присутній у навколишньому середовищі, запропонована системна теорія поліциклічності та нелінійної популяційної динаміки комах-фітофагів та сценарний метод її прогнозування [5, 6]. Розроблено принципи використання ГІС-технологій для прогнозування поширення і динаміки видового складу фауни [98, 99, 137], створено тематичні карти ландшафтів на основі багатоспектральних супутникових даних [23]. Всі ці моделі і теорії є цілком валідними і придатними для адекватного опису динаміки чисельності травневих хрущів.

Останніми дослідженнями спростовано гіпотезу щодо максимального навантаження на рослини фітофагами (щільність на одиницю маси рослини) на ділянках монокультури, без інших рослин. Встановлено, що фітофаги, дійсно, частіше зустрічаються на ділянках із основною кормовою рослиною, але при цьому спостерігається сильна від'ємна кореляція між навантаженням на рослини і їх кількістю, тобто спостерігається ефект розведення, а не ефект концентрації. Збільшення видового різноманіття рослин дає порівняно слабкий від'ємний ефект на навантаження [208].

Встановлено, що основною ланкою трофічного ланцюга є рослина, яка визначає як джерело живлення певної якості фізіологічний стан і життєздатність наступної ланки – комах-фітофагів, у свою чергу рівень резистентності комах, що залежить від їх життєздатності, визначає чутливість фітофага до патогенів і паразитоїдів [2, 199, 202, 210]. З іншого боку, властивості бур'янів, як екологічної групи вторинних місцеперебувань, нерозривно пов'язані із умовами їх існування у порушуваних (антропогенні зміни) місцях [12] і безпосередньо впливають на чисельність ентомофагів.

Пластинчастовусі досить відчутні до якості довкілля, їх використовують як тест-об'єкти для біоіндикації [77, 24] особливо в умовах різноманітності ландшафту за видами типологічних одиниць (агроценози, екотони, напівприродні біотопи, природні лісові екосистеми) [177].

Дослідження фрагментації лісових екосистем дозволяють оцінити стабільність популяцій комах [216]. Рівень фрагментації залежить не тільки від структури ландшафту, але і від біології виду, особливо від швидкості та відстаней на які він може переміщуватися. У зв'язку з цим екологами введено поняття «зернистості» – якщо ділянка досить значна, щоб особина провела на ній все життя, то середовище є крупнозернистим, а якщо виникає потреба мігрувати на інші – дрібнозернистим. Для комах фрагментований ландшафт є, найчастіше, крупнозернистим. Однак зернистість середовища може для них змінюватися на різних етапах розвитку. Так, наприклад, для личинок травневих хрущів середовище буде крупнозернистим, а для імаго – дрібнозернистим [169]. Комплекси пластинчатовусих відносно змін в плані лісових розробок (фрагментарних чи суцільних вирубок) виявилися досить стійкими, якщо діяльність не стосувалася обробітку ґрунту. При господарському втручанні у лісову екосистему відбувалися зміни щодо домінуючих видів, але видове різноманіття залишалося без змін. Тож, структура спільнот, видове різноманіття ґрунтових фітофагів досить стійкі до короточасних змін, що зумовлені практикою відновлення лісових насаджень [213]. Це значною мірою пояснює феномен постійної присутності популяцій травневих хрущів в багаторічних насадженнях і дозволяє зрозуміти механізми їх виживання в умовах трансформації лісових екосистем внаслідок антропогенної експлуатації.

Набуло розвитку вчення про стації та резервації, оцінено залежність розподілу ґрунтових фітофагів залежно від структури ландшафту та здатності комах до переміщення. Види, що мають незначну здатність до переміщення більш уразливі при просторових варіаціях місць існування. Ландшафт, який складається із невеликих полів із значною довжиною узбічч підтримує більші популяції фітофагів, ніж той, що містить великі агроценози [181]. Із цими дослідженнями тісно пов'язана проблема мозаїчності та фрагментації ландшафтів. Життєвий простір, який може реалізувати той чи інший вид залежить від його трофічного рівня та видоспецифічних особливостей

(розміру тіла, ступеня трофічної спеціалізації, чисельності та діапазону її коливань). Фрагментація місць існування впливає на зміну взаємовідношень між комахами-фітофагами і рослинами та паразитоїдами і фітофагами [218]. Порушення режимів лісорозведення, експлуатації лісових насаджень може потенційно впливати на рівень популяцій ґрунтових фітофагів.

І це лише найбільш вагомі набутки в плані популяційної екології комплексу хрущів. Таке різноманіття прикладних екологічних досліджень стало результатом розвитку біоценології – від опису комплексів шкідливих та корисних видів в агроценозах (фізіономічний напрям) до оцінки ролі шкідливої і корисної діяльності їх компонентів, формування методологічних засад та досліджень трофічної структури та енергетичного потенціалу біогеценозів на прикладі сівозмінних агроєкосистем (єкосистемний напрям в агробіоценології) та лісових екосистем [50].

1.2. Рівні та пороги шкідливості ґрунтових фітофагів

Важливим питанням є рівні та пороги шкідливості комах-фітофагів. Останні є точкою відліку для прийняття управлінських рішень в результаті проведення моніторингових заходів [125, 150].

У більш загальному вигляді – як проблема шкідливості фітофагів взагалі, теорія порогів шкідливості набула розвитку у роботах О. Любіщева [78], В. Танського [134], І. Полякова [109], А. Зубкова [49, 52]. Підходи до оцінки шкідливості А. Зубковим [51] враховують і сортову стійкість. Так, в якості антибіозу сорту він пропонує використовувати характеристику шкідливості особини, пов'язану із ступенем пошкодження рослин, за цим показником можна оцінювати і витривалість сорту. Певною мірою ці підходи набувають розвитку при створення моделей комплексно стійких сортів зернових культур (озимої пшениці) до клопа черепашки, злакових мух, злакових попелиць, внутрішньостеблових шкідників [127, 129-131, 141]. Інший розв'язок проблеми – застосування комбінованих економічних порогів шкідливості (ЕПШ) для комплексу шкідників, містить затримку першої

хімічної обробки з метою надання можливості розвитку популяціям ентомофагів, а відтак, у підсумку, зменшення кількості хімічних обробок і вартості продукції [178].

Відносно хрущів частково дані щодо порогових значень навантаження личинок на лісові культури зустрічаються ще у роботах З. Голов'янка [31] – вже тоді помітили залежність стійкості сосни від розвитку її кореневої системи, однак крок щодо енергетичних підходів до оцінки стійкості ще не зробили. У більш пізній роботі З. Голов'янка [35] розширює поняття про фактори резистентності додатково вказуючи ще два: інтенсивність виділення смоли в місцях пошкодження коренів та здатність до регенерації пошкодженої кореневої системи, тобто утворення нових коренів у місці перегризеного личинками хрущів кореня (20-ти річні сосни здатні витримати 30% зменшення кореневої маси). Потрібно наголосити, що культура сосни є досить уразливою протягом значного періоду, це є наслідком як незначних річних змін морфометричних показників (наприклад, річний радіальний приріст становить всього 1,08-3,07 мм), і максимальної стійкості до негативних впливів набуває, у тому числі і до пошкоджень кореневої системи личинками фітофагів, у 60-річному віці [15, 46, 116, 110] так і особливостей закладання насаджень (наприклад, від глибини садіння сіянців) [14]. З точки зору інших дослідників, лісова екосистема, залежно від її типу: одновікова, різновікова чи старовікова, характеризується різною динамікою продуктивності та стійкості – перша найвища у одновікових і найнижча у старовікових, а друга – навпаки, найнижча у одновікових і збільшується по мірі старіння насаджень [83]. В той же час, одновікові екосистеми мають більш високу щільність, а старовікові є розрідженими, а відтак, тиск фітофагів на одне дерево зростає [208]. Таким чином, вчені ще не прийшли до одностайної думки щодо стійкості лісових насаджень і, звичайно, це ускладнює проблему розробки валідних порогів шкідливості.

Взагалі сучасні розробки щодо порогових значень чисельності фітофагів здебільшого опираються на енергетичні показники потреби, споживання та

засвоєння живлення, біомаси фітофага та рослини тощо. Так, відносно західного кукурудзяного жука *Diabrotica virgifera virgifera* розроблено метод кількісної оцінки втрат біомаси коренів кукурудзи внаслідок живлення личинками. Для цього пропонується визначати початкову та кінцеву масу личинок і коренів, на яких вони живилися, а за різницею мас розраховувати ефективність споживання [203].

Відносно ґрунтових фітофагів єдиною роботою монографічного рівня є робота А.В. Фокіна [155], присвячена енергетичній концепції визначення рівнів і порогів шкідливості. В межах цієї роботи автором розв'язано питання комплексних порогів шкідливості ґрунтових фітофагів, розроблена методика оцінки ступеня фітофагії у ґрунтових комах, визначено рівень втрат урожаю для визначення порогів шкідливості ґрунтових фітофагів, [147, 148, 152, 153, 156]. Потрібно відзначити, що у своїй концепції порогів автор використовує показники потреби живлення личинок хрущів різного віку із урахуванням частки нерослинного (гумус) живлення, ґрунтуючись на даних маси личинок. До цього дослідники оперували показниками лінійного розміру (довжини) личинок. Попри класичні уявлення про пороги шкідливості, рівні шкідливості та комплексні пороги, на основі сучасних статистичних методів розробляються нові підходи до цієї проблеми, зокрема запропоновано оцінювання рівнів шкідливості ґрунтових фітофагів за допомогою теореми мінімакса, висунута цікава концепція мікро- та макропорогів шкідливості [146, 158] важливим є розширення поняття про формування комплексів із шкідливих видів, зокрема і для ґрунтових фітофагів, що має значення для розробки комплексних порогів шкідливості: екологічний – види, що входять до комплексу повинні вести схожий спосіб життя (ґрунтовий); трофічний – види, що входять до ентомологічного комплексу живляться культурою відносно якої він групується; фенологічний – складові ентомологічного комплексу шкодять культурі одночасно; морфологічний – шкідники одного ентомологічного комплексу мають однаковий тип ротового апарату [157], розроблена методика та принципи фрактальної фітосанітарної діагностики

агроценозу, у тому числі і для ґрунтових фітофагів [160]. Оpubлікована низка робіт щодо порогових рівнів шкідливості інших пластинчастовусих шкідників [128, 140], у тому числі і ґрунтових, зокрема капустянки звичайної [19, 20], західного кукурудзяного жука [149], а також щодо порогів шкідливості у розрізі культур, наприклад для суниці садової [164].

1.3. Засоби регулювання чисельності пластинчастовусих фітофагів: хімічний метод та біологічні агенти

Так чи інакше питань регулювання чисельності пластинчастовусих ґрунтових фітофагів торкалися майже всі дослідники: В. Огієвський [102], Э. Зверезомб-Зубовський [47], М. Костенко [72], З. Голов'янюк [30, 32, 34, 35], П. Положенцев [108], П. Трошанін [142], А. Космачевський [71]. Навіть за названими працями можна прослідкувати зміну асортименту хімічних засобів – від сірчастого вуглецю, парадихлорбензолу до фосфорорганічних сполук. Цю тенденцію можна продовжити до сьогодні – змінюються покоління інсектицидів, практика отримує більш ефективні і менш небезпечні для довкілля продукти, зокрема сучасні інсектициди системної дії [151, 142]. В плані впливу інсектицидів на личинки хрущів розроблено навіть міжнародний стандарт [219]. Лісовий науково-дослідний інститут у Баден-Вюртенберзі (Німеччина) визначив інтегровану стратегію регулювання чисельності травневих хрущів, яка була успішно застосована 2003 року і містила локальне застосування інсектицидів у місцях скупчення імаго під час льоту і живлення на кормових деревах [211]. Тим не менше, далеко не всі хімічні продукти ефективно діють при внесенні у ґрунт. Так, у Італії, при застосуванні гранульованих фонофоса та хлормефоса у яблуневих садах 1989 року, відмічалась низька їх ефективність, а хлорпірифос-етил взагалі неспрацьовував [188]. Подібна проблема виникла і у Франції (Лімузен) в садах на площі 1000 га. Виробники змушені були переорієнтуватися на використання біопрепаратів на основі боверії [200].

На фоні цього окремої уваги заслуговує робота К. Россікова [114] у якій він ще на початку ери хімічного захисту вісвітлив блискучі перспективи застосування біологічних агентів-ентомофагів, зокрема відносно мармурового хруща – мухи-хрущоїдки *Microphthalma disjuncta* Wied., ос тіфії: човононогої *Tiphia femorata* Fabr. і чорної тіфії *T. morio* Fabr. та сколій: *Scolia quadripunctata* Fabr. і *S. hemorrhoidalis* Fabr., мух *Sarcotachina subcylindrica* Portschi., саркофаги *Sarcophaga albiceps* Mg., тахіни *Cnephalia bucephala* Mg., ктиря *Proctocanthus gigas* Eversm., відносно червневого та травневих хрущів – східної хрущоїдки *Estheria pallicornis* Loew та *Dexiomorpha picta* Mg. Цікаво відмітити, що ще на початку XX сторіччя відомий ентомолог М. Холодковський, наводячи дані щодо результатів боротьби з хрущами у Данії 1904 року, зауважує, що незважаючи на проведені заходи, зменшення популяції західного хруща, а відтак і його шкідливість, відбулися з природних причин – завдяки ентомофагам та ентомопатогенам [170]. Зрозуміло, що оскільки технологічність використання зазначених ентомофагів досить низька, а відносно окремих видів прийоми масового розведення взагалі не розроблені, реалізація потенціалу їх комплексу можлива лише за умови здійснення загальних природоохоронних заходів, перш за все, зменшення антропогенного тиску на всі елементи лісової екосистеми: дерево, підлісок, органічний шар, обмінну та фіксовану фракції ґрунту, глибокі шари ґрунту [173] у тому числі пестицидного тиску: скорочення кількості обробок, перехід на використання біологічних фунгіцидів [113] та інсектицидів, або і повної відмови від хімічного захисту. Так, наприклад, для приваблення ентомофагів пропонується створення конвеєру нектаро-ароматичних квітучих рослин [21], доцільна організація ентомологічних заказників [101] тощо. Відносно такої групи як сколії доцільно запроваджувати плани заходів щодо збереження, які повинні, із урахуванням досвіду реалізації подібних проектів у Європі, включати: збір інформації щодо стану збереженості виду в Україні в цілому і в окремих екосистемах, дослідження екологічних аспектів: міжвидових та внутрішньопопуляційних, які можуть бути корисними для

підтримання чисельності популяцій на стабільному рівні, дані щодо чисельності і поширення виду на сучасному етапі і в минулому, характеристика загроз існуванню виду чи його стабільних популяцій, управлінські рішення щодо моніторингу популяцій та зменшення на них негативних впливів [82, 85], а також певні етапи з відновлення популяцій: оцінка статусу популяції, встановлення причин загроз, планування відновлення, адаптивне управління, реалізація плану відновлення, керування *in situ* та *ex situ*, реінтродукція (за потреби), досягнення відновлення виду [84].

Відносно ентомопатогенів існує багата література, яка переконливо свідчить про доцільність і необхідність розвитку цього напрямку біологічного методу [124] і недостатній рівень його реалізації пов'язаний із суто технологічними проблемами напрацювання і збереження активності збудників захворювань пластинчастовусих фітофагів. Так, відносно східного і західного травневих хрущів відомий збудник риккетсія *Rickettsiella melolonthae* Krieg, що викликає синюху личинок (уражені личинки виходять на поверхню ґрунту і гинуть, мають характерне синювате забарвлення); гриби зелена мускардина *Metarrhizium anisopliae* Metchnikoff (уражує личинок, лялечок та імаго – на піщаних ґрунтах виявляли 78% ураження личинок [18], на його основі розроблений біологічний препарат метаризин) та боверія *Beauveria* – крім широко відомого боверину, на основі цього біологічного агента розроблені і інші препарати, зокрема пронет-α (обробка 0,1% водним розчином крон листяних порід проти імаго хрущів показала ефективність на рівні 41%) [192].

Описані на хрущах бактеріози, що викликаються *Bacillus fribourgensis* Wille та *B. popilliae* (уражують личинок, викликаючи септицемію кишкового; мають досить «технологічний», який можна використовувати на практиці, механізм ураження – залишки мертвих личинок поширюються по поверхні і вглиб ґрунту дрібними організмами, утворюючи вогнища інфекції, здорові личинки, рухаючись у ґрунті, перетинаються із ними, уражуються і просуваючись далі, утворюють нові інфекційні вогнища, таким чином відбувається нерівномірне інфікування всього ґрунтового шару на глибину

декількох дециметрів), *B. euloomarahaе* Beard і *B. blattae* Heinecke (викликають молочне побіління личинок); кокцидіоз *Adelina sericesthis* Weiser (викликає виснаження жирових запасів личинки, затримку її розвитку – виявляли популяції західного травневого хруща уражені на 30%) [18].

Важливим біологічним регулятором чисельності личинок пластинчастовусих є нематоди *Neoapectana melolonthae* Weiser, *Pristionchus* sp. (викликають виснаження і загибель личинок хрущів, мають значний коефіцієнт розмноження і є перспективними агентами для створення біопрепаратів), а також *Diplogaster* sp. [105], *Heterorhabditis bacteriophora* (виявлено ефекти нестабільності та короткотермінової персистенції цієї нематоди при внесенні на поверхню та вглиб ґрунту) [220] та *Steinernema scarabaei* (виведено високовірулентні специфічні відносно *Melolontha* лінії, найбільш придатні для застосування у екосистемах де не проводиться обробіток ґрунту) [37, 180], їх широко застосовують у Німеччині [209]. В той же час відмічається, що успішність застосування препаратів на основі штейнерматид та гетерорабдитид (інтенсивність інвазії і смертність комах цільових об'єктів) залежить від температури, дози препарату, тривалості вільного контакту та інтенсивності інвазіювання паразитом господаря) [37]. На основі цих груп нематод розроблено технологічні нематодно-бактеріальні комплекси і створені біологічні продукти Немабакт та Ентонем-Ф [9, 10, 37]. Останніми дослідженнями українських вчених встановлено істотну різницю у термінах виходу личинок штейнерматид із личинок хрущів за різних методів культивування у лабораторних умовах: за методом Уайта – на 2-5, Орозіо – на 10-12 день [119]. Тобто є перспективи щодо удосконалення та оптимізації технологій напрацювання цих препаратів.

Біологічними агентами препарату Немабакт є нематода *S. carpocapsae* (штам *Agriotos*) та бактерії, що проникають у личинку комах після її інвазії нематодою. У якості носія використовуються поролонові крихти (1-6 см³), просочені водною суспензією нематод, у 1 г поролону міститься 0,5-1,0 млн. нематод. Перед застосуванням продукту необхідний період акліматизації для

біологічних агентів до 8 годин. Застосовують шляхом проливання ґрунту, попередньо замоченим препаратом. Недоліком є швидка інактивація у ґрунті за відсутності цільового об'єкта [10].

У склад біопрепарату Ентонем-Ф входять живі нематоди *S. feltiae* Filipjev, що паразитують як на личинках, так і на яйцях комах. Препаративна форма продукту – рідка емульсія, що містить 5 млн нематод в 1 мл. препарату. Для внесення у ґрунт використовують вологий пісок, у якому створюють концентрацію препарату 200-300 діючих одиниць на 1 см³ піщаного наповнювача. Норма внесення у ґрунт – 5-10 млд. одиниць /га, шляхом поверхневого обприскування ґрунту – 125 тис. одиниць / 1000 м². Тривалість дії при внесенні – 2 і більше років. Ефективність застосування препарату відносно личинок травневих хрущів за результатами випробувань (1993-2003 рр.) у Російській Федерації становить 70-90% [10]. Порівняння технічних характеристик названих препаратів свідчить про більшу технологічність Ентонему-Ф.

Відомі хвороби, що викликаються вірусами: *Vagoia melolonthae* Weiser, що описаний Я. Вейзером як *Vagoia* мармурового хруща (руйнує клітини жирового тіла личинок) та *Morator lamellicorniarum* Krieg et Huger – викликає водянку личинок хрущів (при штучному зараженні ефективність цього вірусу сягала рівня хімічних інсектицидів – 98%) [18].

Із найпростіших слід відзначити *Polymastix melolonthae* виділеного із східного травневого хруща, інфузорій *Tetrahymena pyriformis* Keilin; мікроспоридій – нозему *Nosema melolonthae* Krieg (уражує кишковик та жирове тіло, уражені личинки виходять на поверхню ґрунту, де гинуть від септицемії) [10, 18].

Потрібно зауважити, що біологічні агенти досить нестабільні у забезпеченні необхідного рівня ефективності, причому це не тільки залежить від їх якості і активності, а й від місцевих умов. Так, при застосуванні препарату на основі боверії у Німеччині шляхом розпилення спор у кронах та на ґрунті, а також при використанні способу інфікування спорами самців у

феромонних пастках у Південному Гессені дали позитивний ефект відносно західного травневого хруща [196], а на пасовищах Спессарту при обробках 2001 року рівень досягнутого контролю виявився низьким при обліках у 2002-2003 роках [179], такий же незадовільний результат було отримано в кантоні Тургау на північному сході Швейцарії у садах та лучних екосистемах [184]. Не виключено, що ефективність залежить від способу внесення. Так, ін'єкціювання ґрунту суспензією бластоспор боверії мало впливало на личинок хрущів, у той же час внесення у ґрунт сівалкою зерен ячменю, колонізованих грибом у нормі 50 кг/га у садах і 30 кг/га на луках дало сприйнятливий ефект. Перевагою є і те, що колонізовані зерна можна використовувати до формування конідій [193-195]. В інших районах Швейцарії при застосуванні боверії відносно личинок східного травневого хруща спостерігався ефект на рівні 75% [194, 197]. Успішним виявилось і застосування *Beauveria brongniartii* Sacc. у Італії [212]. Перспективними за ефективністю є мікроспридії *Nosema melolonthae* та *Pleistophora sp.* – спостерігалось зменшення популяції личинок 1-го віку на 64%, а відносно збудників мікозів – ураження *B. brongniartii* спричиняло підвищений рівень загибелі личинок третього віку західного хруща, однак щільність популяції боверії після внесення препарату швидко зменшувалася, внесення препарату на основі метарізіуму, навпаки, мало низьку ефективність, але сам збудник добре зберігався у ґрунті [217].

Завершуючи огляд біологічних агентів, що уражують комплекс шкідливих пластинчастовусих, необхідно сказати, що впровадження біологічного методу повинно будуватися на засадах підвищення стійкості агроєкосистем та лісових екосистем [100, 126], що передбачає адаптивне управління [111] як процесу реалізації управління у формі експерименту, як циклічного процесу постійного удосконалення стратегій і тактик управління, виходячи із результатів реалізованих практичних програм; оцінка стану екосистеми після втручання може вимагати додаткових реабілітаційних управлінських дій, у тому числі застосування додаткових заходів із біологічної

регуляції шкідливих видів, для виведення екосистеми на стабільний рівень [38, 190]. Останнє можливе лише за умови біоценотичного підходу (колонізація ентомофагів, використання біопрепаратів, підтримка процесів природної саморегуляції) [63]. Таким чином ми підходимо до концепції проектування та конструювання екосистем [96], зокрема і агро- лісових. В цьому плані заслуговують на увагу роботи щодо встановлення максимального рівня самоорганізації та саморегуляції екосистеми, який спостерігається за наявності 20 і більше видів консортних рослин з вираженою атрактивною функцією відносно як фітофагів, так і до «нейтральних» видів, ентомофагів, біоценотичну роль останніх забезпечує співвідношення «ентомофаг-фітофаг» на рівні 1:10 – 1:15 [73]. Відносно ґрунтових фітофагів на сьогодні надзвичайно проблемно надати адекватні оцінки щодо цього – потрібні удосконалені методики фауністичного і особливо ентомологічного моніторингу.

У розрізі вищесказаного потрібно оцінювати і загрозу, яку можуть нести біологічні агенти при ураженні нецільових об'єктів [201] – рідкісних членистоногих, занесених до Червоної книги – зокрема це можуть бути жуки-носороги, жуки-олени, дубовий вусач, статус якого змінився за останні 50 років – вид став рідкісним, цей же сценарій подій повторюється і відносно мармурового хруща – у Європі він уже майже зник. Урахування цих ризиків для біорізноманіття, у тому числі і на генетичному рівні [103, 112], є важливим елементом екологічної концепції збалансованого розвитку агро- та лісових екосистем в контексті європейської інтеграції України [70, 76, 106, 120, 167, 168] тим більше, що на рівні країн Європейського Союзу встановлено – для гарантування екологічної стійкості природних територій, потрібні природоохоронні заходи не менш як 18% їх загальної площі [29]. Значну допомогу в цьому можуть надати інформаційні-аналітичні системи моніторингу біорізноманіття як міжнародного, так і державного рівня особливо в плані створення інтерактивних карт ареалів поширення видів світового та національного масштабу [138].

Застосування стимулів для індукованих реакцій рослин в певний період вегетації культури забезпечує можливість для активування різних механізмів резистентності рослин, перш за все стимуляторів росту, наприклад ризобактерину, жасмінової кислоти тощо. Ця стратегія може бути додатковим компонентом екологічно оптимізованої програми управління популяціями шкідливих видів [59, 60, 214]. У світлі цього для підвищення резистентності сосни до пошкоджень хрущами надзвичайно актуальними є сучасні розробки щодо застосування у розсадників однорічних сіянців сосни росторегулюючих препаратів для збільшення висоти, діаметру стовбура та ступеня охоєння пагонів. Для цього використовують препарати на основі тритерпенових кислот сибірської модрина (Екосил Мікс, Екосил Плюс) самотійно або у комплексі з макро- і мікродобривами (карбамід та Наноплант):

- Екосил Мікс збагачений комплексом макро- та мікродобрів і низкою біологічно активних сполук: гумінових кислот, амінокислот, біогенних амінів, низькомолекулярних органічних та фенолкарбонових кислот [176];
- до складу препарату Екосил Плюс крім суми тритерпенових кислот входять біологічно активні нейтральні ізопреноїди, а також композиція із 30 легколетких малополярних, моно- і сисквитерпенових сполук [176];
- мікродобриво Наноплант є нанопрепаратом на основі наночасток мікроелементів, що мають здатність зверхпроникності через клітинні мембрани рослин [176].

Обробка сіянців проводиться тричі протягом вегетації шляхом обприскування з нормою 1-1,5 л/га з інтервалом 20-30 днів. Використовують композиції: Екосил Мікс (1 л/га) або Екосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамід (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га). Такі обробки дають приріст висоти сіянців до 25% і збільшення кількості хвої у 1,3-1,5 разів [176]. Названі композиції (після держреєстрації) доцільно включати як обов'язкові елементи тактики до систем управління чисельністю пластинчастовусих фітофагів у лісових розсадниках. Є інформація і про інші композиції регуляторів росту і мікродобрів – Епін-Екстра, Циркон + Цитовіт [16], Епін Плюс (на основі фітогормональних

стероїдів) [171], Зеребра Агро (на основі стабілізованих дисперсій наночасток срібла) [44], ВІО-Дон (на основі гумінових та фульвових кислот [4, 45], біогумус [27], органічні полімери (на основі полігексаметиленгуанідину) [107], Діазобактерін [25], ліпіди торфу [117], Регоплант [36] тощо.

Потрібно згадати і нетрадиційні засоби щодо зменшення чисельності хрущів, зокрема випас курей на зораних полях з високою щільністю фітофага, який впроваджувався у 30-40-х роках минулого століття. Невідома наразі ефективність цього заходу, але очевидна його значна трудовитратність і малопридатність у сучасних умовах [145].

Важливими є дослідження спрямовані на встановлення строків застосування засобів регуляції чисельності хрущів. Так, критичними періодами відносно західного травневого хруща визначено час статевого дозрівання самців та самиць, час масового льоту, а також час живлення жуків на деревах [182]. Визначення та прогноз років та строків масового льоту хрущів взагалі набуває нового значення у світлі кліматичних змін [11, 13, 26, 56, 64, 75, 115, 154, 161-163, 166, 175]. Справа у тому, що масовість виходу імаго хрущів із ґрунту залежить від температури – чим швидше температура ґрунту на глибині заляльковування сягне оптимального значення, тим більш одночасним буде вихід імаго [172]. Вже зараз дослідження щодо початку льоту хрущів (на прикладі Швейцарії) показують, що протягом 3-4-х років спостережень літ починався на декілька днів раніше, ніж за період багаторічних спостережень, а отже стають непридатними прогнозні номограми, складені на основі багаторічних даних [183]. І ця тенденція швидко поглиблюється. З метою прогнозування термінів початку льоту і льотних років взагалі ентомологи вже почали формувати спеціальні бази даних на регіональному та міждержавному рівнях (1949-2000 рр. для Австрії) [185]. Передбачається, що це стане інструментом для адекватного прогнозування масової появи хрущів в умовах зміни клімату і вчасного складання тактичних планів регуляції чисельності їх популяцій.

1.4. Висновки до розділу 1

- розроблено ряд математичних моделей, які дозволяють адекватно описувати популяційну динаміку пластичастовусих фітофагів;
- відносно ґрунтових фітофагів розроблено рівні та пороги шкідливості на основі енергетичних показників потреби живлення у личинок різного віку та біомаси рослини, але лише стосовно сільськогосподарських культур, щодо лісових культур – вони потребують удосконалення;
- для регуляції чисельності популяцій ґрунтових фітофагів більш ефективним і екологічно обґрунтованим є використання біологічних агентів: нематод штейнерматид та гетерорабдитид, риккетсій, вірусів та ентомотогенних грибів (боверія), на їх основі створено промислові біопрепарати;
- в умовах глобальних змін клімату, підвищення температури, змінюється фенологія та екологія травневих хрущів в різних регіонах, зсуваються періоди їх масового виходу навесні, ускладнюється прогнозування льотних років;
- для підвищення резистентності насаджень сосни до пошкоджень личинками хрущів доцільно вводити до систем регулювання чисельності цих фітофагів стимулятори росту.

Основні оглядові та аналітичні матеріали розділу опубліковані в працях автора [41-43, 66-69].

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Місце проведення досліджень

Дослідження проводилось в типових умовах центрального Лісостепу в 2016-2018 роках у Богуславському лісництві (відділ 82), Богуславського району Київської області с. Москаленки. Загальна площа розсадника 2,2 га. Тип лісорослиних умов В2ДС. Категорія лісокультурної площі: зруб був у

2012 році, склад насаджень до рубки 10СЗ, стан очистки задовільний, кількість пнів на 1 га 367 шт., ступінь задерніння середній, породний склад сосна звичайна, наявність природного та штучного поновлення – насіннєве. Початкова щільність насаджень 1 тис. саджанців на 1 га. Ступінь заселеності ґрунту личинками пластинчастовусих шкідників середня. Обробіток ґрунту: механізований. Глибина обробітку 15см. Розміри і розширення борозни через 2,5метра. Склад ґрунту дерново – слабопідзолистий супіщаний.

2.2. Умови проведення досліджень

Для встановлення впливу метеорологічних показників на розвиток пластинчастовусих фітофагів були вивчені та порівняні з багаторічними показниками середньомісячна температура повітря, кількість опадів, відносна вологість повітря за метеоданими, наданими ЦГО ім. Бориса Срезневського, для Миронівської метеостанції за 2016-2018 рр., за період проведення досліджень.

В таблиці 2.1 показані середні метеодані, які спостерігались у продовж квітня-жовтня та січня-грудня.

2.1. Середні метеодані у продовж з квітня-жовтня та січня-грудня
(Миронівська метеостанція, 2016-2018 рр.)

Показник	Роки	Квітень-вересень	Квітень-вересень (багаторічні показники)	Січень-грудень	Січень-грудень (багаторічні показники)
Середня місячна температура повітря, °С	2016	14,8	12,3	9,5	7,6
	2017	14,7		9,9	
	2018	14,2		9,3	
Кількість опадів, мм	2016	54,1	56,6	578	561
	2017	40,6		541	
	2018	64,1		641	
	2016	69,0	71	74	76

Відносна вологість повітря, %	2017	60,2		70	
	2018	66,8		74	

За результатами таблиці 2.1 видно, що в продовж 2016-2018 рр. середньомісячна температура в продовж квітня-вересня була вищою за багаторічну, для 2016 рр. перевищення становило 2,5°C, 2017р. – 2,4°C, 2018 р. – 1,9°C. У ці ж роки була и вищою середньорічна температура в порівнянні з багаторічною. Перевищення були на 1,9°C, 2,3°C, 1,7°C відповідно до років.

Аналізуючи кількість опадів за період квітень-вересень встановлено що в 2016 та 2017 рр. кількість опадів була нижчою на 2,5 мм та 16 мм в порівнянні з багаторічними даними. В 2018 р. спостерігалось підвищення кількості опадів на 7,5 мм порівняно з багаторічними показниками. Що стосується річної кількості опадів то в 2016 та 2018 їх кількість була вищою за багаторічні показники на 17 та 80 мм відповідно, а в 2017 р. кількість опадів була нижчою на 20 мм.

Що стосується відносної вологості повітря то в порівнянні з багаторічними показниками була нижчою в період квітень-вересень різниця становила в 2016 р. – 2%, 2017 – 10,8%, 2018 – 4,2%. Річні показники також були нижчими на 2%, 6% та 2% у відповідні роки.

Одним з важливих метеорологічним показником в розвитку для личинок хрущів є температурний режим повітря. На рис. 2.1 зображено температурні помісячні відхилення у середньомісячній температурі повітря в порівнянні з багаторічними показниками.

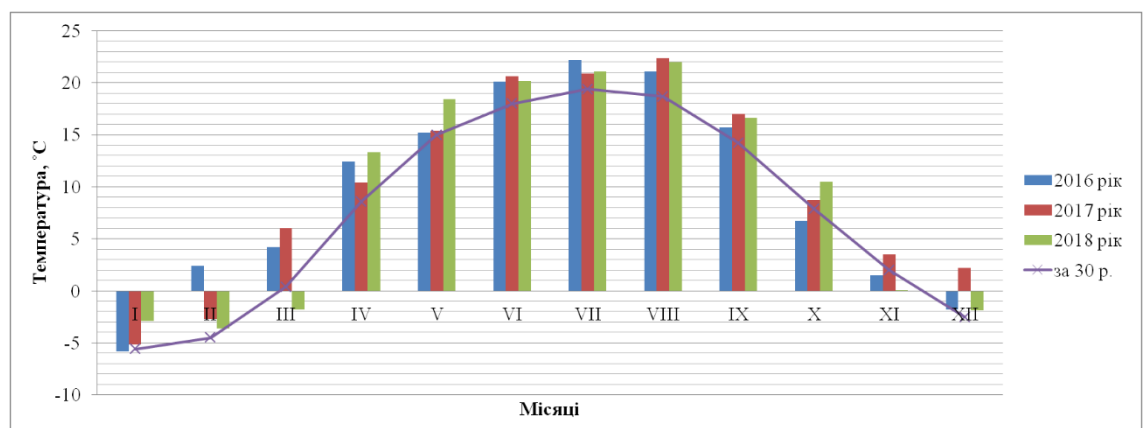


Рис. 2.1 Відхилення температури повітря від багаторічної температури за 2016-2018 рр.

Результати дослідження за рис. 2.1 показують, що середньомісячна температура в порівнянні з багаторічними показниками в січні місяці для 2016 р. була нижчою на $0,2^{\circ}\text{C}$, 2017 – вищою на $0,4^{\circ}\text{C}$, 2018 – вищою на $2,7^{\circ}\text{C}$; в лютому місяці для 2016 р. була вищою на $6,9^{\circ}\text{C}$, 2017 – вищою на $1,8^{\circ}\text{C}$, 2018 – вищою на $0,9^{\circ}\text{C}$; в березні місяці для 2016 р. була вищою на $3,8^{\circ}\text{C}$, 2017 – вищою на $5,6^{\circ}\text{C}$, 2018 – нижчою на $2,2^{\circ}\text{C}$; в квітні місяці для 2016 р. була вищою $3,8^{\circ}\text{C}$, 2017 – вищою на $1,8^{\circ}\text{C}$, 2018 – вищою на $4,7^{\circ}\text{C}$; в травні місяці для 2016 р. була вищою $0,2^{\circ}\text{C}$, 2017 – вищою на $0,4^{\circ}\text{C}$, 2018 – вищою на $3,4^{\circ}\text{C}$; в червні місяці для 2016 р. була вищою $2,1^{\circ}\text{C}$, 2017 – вищою на $2,6^{\circ}\text{C}$, 2018 – вищою на $2,2^{\circ}\text{C}$; в липні місяці для 2016 р. була вищою $2,8^{\circ}\text{C}$, 2017 – вищою на $1,5^{\circ}\text{C}$, 2018 – вищою на $1,7^{\circ}\text{C}$; в серпні місяці для 2016 р. була вищою $2,4^{\circ}\text{C}$, 2017 – вищою на $3,7^{\circ}\text{C}$, 2018 – вищою на $3,3^{\circ}\text{C}$; в вересні місяці для 2016 р. була вищою $1,5^{\circ}\text{C}$, 2017 – вищою на $2,8^{\circ}\text{C}$, 2018 – вищою на $2,4^{\circ}\text{C}$; в жовтні місяці для 2016 р. була нижчою на $1,2^{\circ}\text{C}$, 2017 – вищою на $01,8^{\circ}\text{C}$, 2018 – вищою на $2,6^{\circ}\text{C}$; в листопаді місяці для 2016 р. була нижчою на $0,5^{\circ}\text{C}$, 2017 – вищою на $1,5^{\circ}\text{C}$, 2018 – нижчою на $1,9^{\circ}\text{C}$.

Такий метеорологічний показник, як кількість опадів є не менш значимим в розвитку ґрунтових фітофагів, як і температура повітря. Надлишок як і нестача опадів згубно діють на ріст та розвиток імаго та личинок хруща. На рис. 2.2 зображені помісячні коливання кількості опадів в порівнянні з багаторічними показниками.

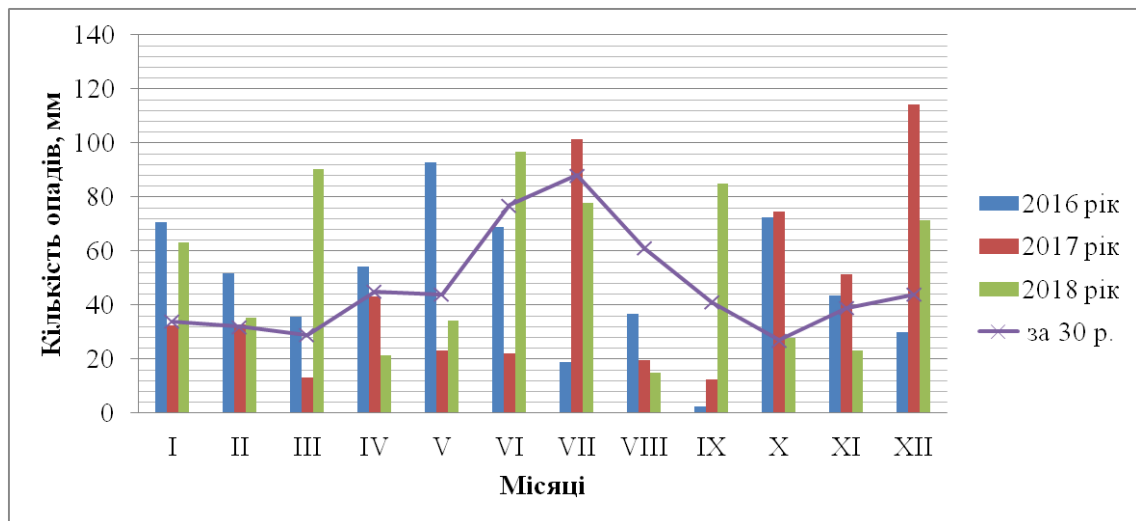


Рис. 2.2 Відхилення кількості опадів від багаторічних показників за 2016-2018 рр.

Результати дослідження за рис. 2.2 показують, що середньомісячна кількість опадів в порівнянні з багаторічними показниками в січні місяці для 2016 р. була вищою на 37 мм, 2017 – нижчою на 2 мм, 2018 – вищою на 29 мм; в лютому місяці для 2016 р. була вищою на 20 мм, 2017 – вищою на 1 мм, 2018 – вищою на 3 мм. Таким чином в зимовий період в період проведення дослідів перевищувала багаторічні показники, тобто опадів випало більше. В березні місяці для 2016 р. була вищою на 7 мм, 2017 – нижчою на 16 мм, 2018 – вищою на 61 мм; в квітні місяці для 2016 р. була вищою на 9 мм, 2017 – нижчою на 2 мм, 2018 – нижчою на 24 мм; в травні місяці для 2016 р. була вищою на 49 мм, 2017 – нижчою на 21 мм, 2018 – нижчою на 10 мм; в червні місяці для 2016 р. була нижчою на 8 мм, 2017 – нижчою на 55 мм, 2018 – вищою на 20 мм; в липні місяці для 2016 р. була нижчою на 69 мм, 2017 – вищою на 14 мм, 2018 – нижчою на 10 мм; в серпні місяці для 2016 р. була нижчою на 24 мм, 2017 – нижчою на 41 мм, 2018 – нижчою на 46 мм. Взагалі весняно-літній період характеризувався в усіх роках посушливим, а особливо серпень місяць. В вересні місяці для 2016 р. була нижчою на 39 мм, 2017 – нижчою на 28 мм, 2018 – вищою на 44 мм; в жовтні місяці для 2016 р. була вищою на 45 мм, 2017

– вищою на 48 мм, 2018 – вищою на 1 мм; в листопаді місяці для 2016 р. була вищою на 5 мм, 2017 – вищою на 12 мм, 2018 – нижчою на 16 мм. Осінній період характеризувався високою кількістю опадів, однак в вересні 2016 та 2017 рр. спостерігалось зниження кількості опадів. Грудень характеризувався такими змінами в кількості опадів: для 2016 р. була нижчою на 14 мм, 2017 – вищою на 70 мм, 2018 – вищою на 28 мм.

Відносна вологість повітря також є важливим фактором для розвитку ґрунтових фітофагів. На рис. 2.3 зображені помісячні відхилення середньомісячної вологості повітря в порівнянні з багаторічними показними.

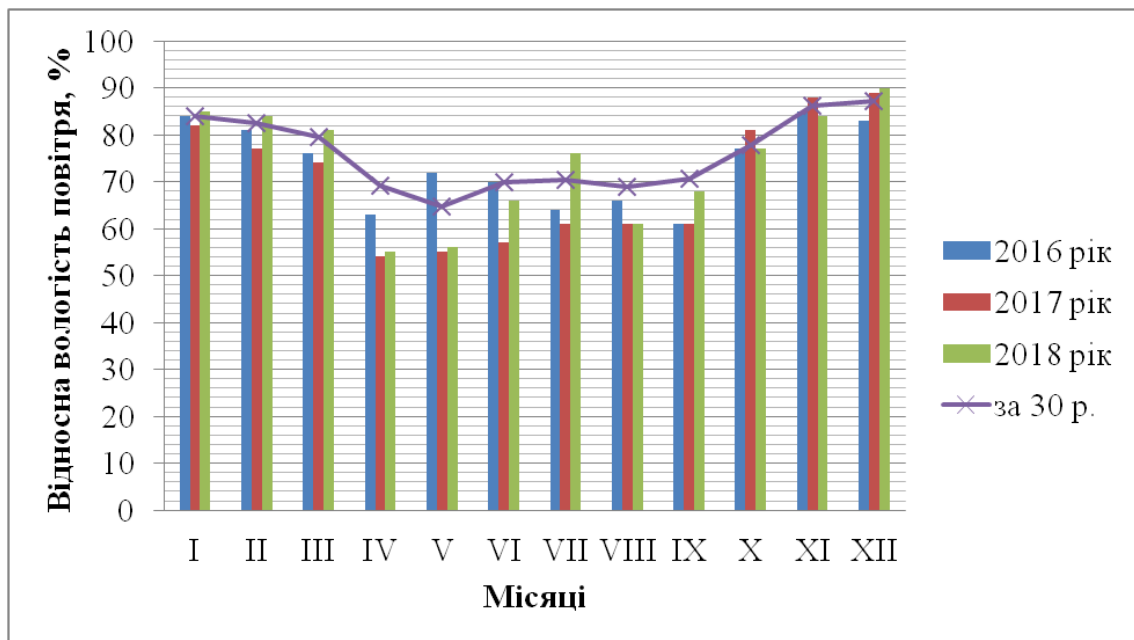


Рис. 2.3 Відхилення відносної вологості повітря від багаторічних показників за 2016-2018 рр.

Аналізуючи результати рис. 2.3 встановлено, що середньомісячна вологість повітря в порівнянні з багаторічними показниками в січні місяці для 2016 р. була однаковою, 2017 – нижчою на 2%, 2018 – вищою на 1%; в лютому місяці для 2016 р. була нижчою на 2%, 2017 – нижчою на 6%, 2018 – вищою на 2%; в березні місяці для 2016 р. була нижчою на 4%, 2017 – нижчою на 6%,

2018 – вищою на 1%; в квітні місяці для 2016 р. була нижчою на 6%, 2017 – нижчою на 15%, 2018 – нижчою на 14%; в травні місяці для 2016 р. була вищою на 7%, 2017 – нижчою на 10%, 2018 – нижчою на 9%; в червні місяці для 2017 – нижчою на 13%, 2018 – нижчою на 4%; в липні місяці для 2016 р. була нижчою на 6%, 2017 – нижчою на 9%, 2018 – вищою на 6%; в серпні місяці для 2016 р. була нижчою на 3%, 2017 – нижчою на 8%, 2018 – нижчою на 8%; в вересні місяці для 2016 р. була нижчою на 10%, 2017 – нижчою на 10%, 2018 – нижчою на 3%; в жовтні місяці для 2016 р. була нижчою на 1%, 2017 – вищою на 3%, 2018 – нижчою на 1%; в листопаді місяці для 2016 р. була нижчою на 1%, 2017 – вищою на 2%, 2018 – нижчою на 2%; в грудні місяці для 2016 р. була нижчою на 4%, 2017 – вищою на 2%, 2018 – вищою на 3%. Результати досліджень показали що вологість повітря загалом щорічно була меншою за багаторічні показники.

Таким чином проаналізувавши метеорологічні показники за 2016-2018 рр. встановлено, що 2016 рік був сприятливим для розвитку хрущів; 2017 рік був менш сприятливим для розвитку личинок хруща; 2018 рік був сприятливим для розвитку ґрунтових фітофагів у молодих розсадниках сосні звичайної.

2.3. Методи досліджень

Загальна схема розміщення і техніка розмітки облікових дослідних ділянок представлена на рис. 2.4-2.5.

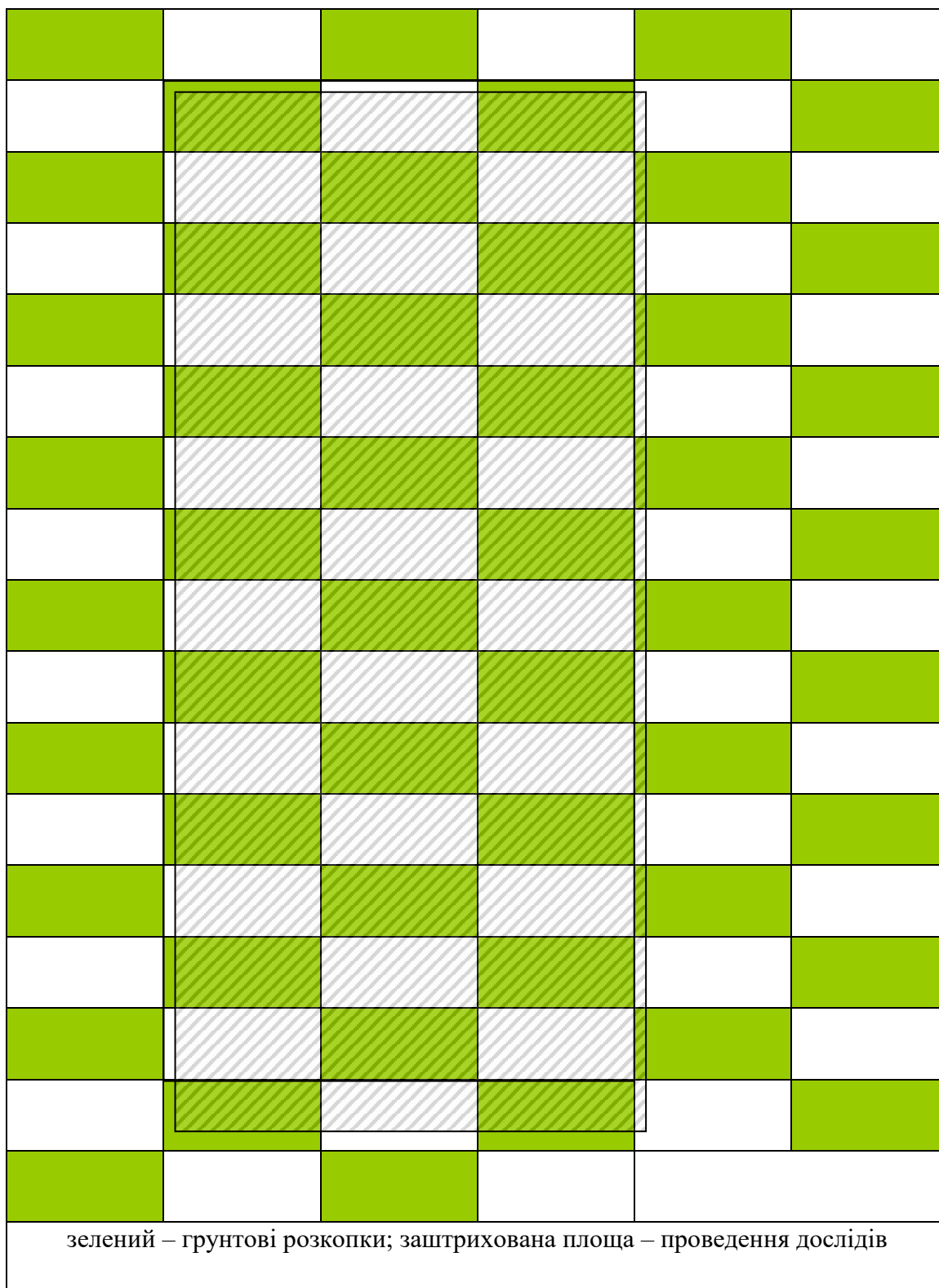


Рис. 2.4. Схема розташування ділянок на яких проводилися дослідження на площі розсадника сосни звичайної



Рис. 2.5. Розмітка дослідної ділянки

З метою визначення глибини залягання яєць, личинок та лялечок різного віку пластинчастовусих фітофагів, визначеної оптимальної глибини внесення препаратів у 2016-2018 рр. проводили ґрунтові розкопки (рис. 2.6-2.8). Обстеження ґрунтової ентомофауни здійснювали за класичними методиками шляхом накладання на площу розсадника сітки і на визначених ділянках у шаховому порядку проводили розкопки. Площа облікових ділянок $0,25 \text{ м}^2$. Глибина облікових ям 60-150 см. Кількість точок обліку 50. Розкопки проводили пошарово: 0-10, 11-20, 21-30, 31-40, 41-50, 51-60, 61-75, 76-90, 91, 91-130, 131-150 см [48, 53].



Рис. 2.6. Відбір ґрунтових зразків

Випробовування препаратів проводили за стандартними методиками у відповідності до офіційного видання «Методики випробовування і застосування пестицидів» (2001) [134].

Методика випробовування препарату Антихрущ Люкс для захисту саджанців та молодих культур сосни звичайної від хрущів.

Характеристика препарату: Діюча речовина – імідоклоприд, 100г/л (компонент А) та сцеталіприд, 200г/кг, (компонент Б), препаративна форма ТР. Норма витрати – 10 мг / 5 л води, з розрахунку на 0,2 сотки. У продовж 2016–2018 рр. проводили виробничі дослідження сосни звичайної та молодих культур, з метою захисту рослин від заселення та пошкодження личинками хрущів. Проведення випробувань супроводжувалися моніторингом за відомими, стандартними методами ґрунтових розкопок. Зокрема, до початку вегетації реактивації у насадженнях сосни обох типів, відбирали зразки личинок, визначали їх видовий склад та вік, а також чисельність життєздатних особин. У період вегетації проводили регулярні, з інтервалом 12 – 15 днів

механічне рихлення ґрунту, спрямованні на зменшення бур'янів. При цьому знищували бур'яни по периметру площ розсадників та молодих культур сосни звичайної. Культивуацію ґрунту міжрядь проводили на глибину 15 – 18 см. У продовж вегетації, у роки досліджень проводили чотири прийоми підживленням рослин з використанням вітчизняного органічного добрива Паросток: два прийоми кореневого підливу з розрахунку 1,5 – 2,5 водного розчину та два прийоми позакореневого живлення 0,5 – 0,6 л на рослину. Перший прийом підживлення проводили у період з 20.06, і далі через 10-12 днів. Розмір кожної дослідної ділянки 50 м². Ділянки з варіантом розміщені рендомізовано. Кількість повторень – 3. Кількість обробок – одноразова. Спосіб застосування – підкореневий полив рослин у період масової реактивації личинок хрущів. У період поливів забезпечували суцільне покриття обробленої площі робочою рідиною.

Схема дослідів:

- 1 Контроль – підкореневий полив рослин водою.
2. Еталон – підкореневий полив рослин 0,25% водним розчином препарату Актара 25 WS в.г. – одноразово
3. Підкореневий полив препарату Антихрущ Люкс к.с. – 1,0 л. водного розчину на одну рослину.
4. Підкореневий полив препарату Антихрущ Люкс к.с. – 1,5 л. водного розчину на одну рослину.

Обліки чисельності хрущів проводили на початку їх вегетаційної реактивації, а також на 3-й, 10-й, 30-й та 60-й дні після використання препарату. Для цього, на кожній повторності дослідів копали чотири облікові ями розміром 50x50 см (0,75м²). Ґрунт з кожної ями перебирали руками або просівали через сито і підраховували виявлених у ньому личинок фітофагів. Крім обліку чисельності, встановлювали також рівень пошкодження кореневої системи та кількість рослин, що випали. Ефективність препарату та прийому оцінювали за відсотком зниження чисельності личинок хрущів на дослідних ділянках. Враховували також і те, що личинки хрущів не жилилися

токсикованими рослинами. Отримані результати на варіантах де використовували препарат Антихрущ Люкс порівнювали з показниками, отриманими на еталонному варіанті та у контролі.



Рис. 2.7. Проведення ґрунтових розкопок

У продовж чотирьох років досліджували репродуктивний потенціал самиць комплексу видів хрущів: характер та ритміку яйцекладки, вивчали репродукцію самиць залежно від виду та характеру живильного субстрату – листя та суцвіття чотирьох деревовидних порід. Для цього, проводили серію польових та лабораторних досліджень. Досліджували наступні характеристики самців хрущів: плодючість самиць, режим яйцекладки, з

визначенням її початку та кінця, початку та тривалості масового льоту, також визначали глибину яйцекладки у ґрунті.

При проведенні польових досліджень формували облікові майданчики. Площа кожної становила 2х2 м. Усього було 12 майданчиків з розрахунком по 3 для кожного із чотирьох видів хрущів. У подальшому проводили прямі спостереження за динамікою льоту, руховою та статеву активністю та репродуктивною поведінкою самців. На облікових ділянках проводили ґрунтові розкопки у профілі 5-50 см, з наступним вилученням яєць та визначенням їх життєздатності.



Рис. 2.8. Аналіз ґрунтової ентомофауни

Серія лабораторних досліджень передбачала визначення трофічної цінності корму для самиць травневого хруща, складовою частиною був фізіологічний моніторинг гонад самиць [138 с. 138-153, 169]. Для цього проводили, з використанням вибірки не менш 30-ти самиць, прижиттєве препарування гонад – імаго розташовували на предметному склі з характерним заглибленням. Процедура препарування передбачала відокремлення черевця і його розтином з дорсальної сторони ножицями. За допомогою надтонких платинових голок виймати із черевця увесь вміст внутрішніх органів. Голками, під мікроскопом типу МБИ, виділяли гонади самиць, зі збереженням усіх структур - геріорію, вітеллярію, сперматеки та піхви [139 с. 218-260]. Увесь вміст обережно розташовували у заглибленому предметного скельця. У заглиблення додавали водний розчин барвника нейтральний – червоний, 0,001-0,002% [169]. Далі, візуально під мікроскопом, оцінювали цілісність гонад, їх наповнюваність оогоніями, ооцетами та трофічними клітинами. Зважаючи на значні лінійні розміри, ці показники є досить інформативними та об'єктивними.

Процедура формування варіантів для визначення кормової цінності листя деревних культур передбачила серію із п'яти варіантів (контроль, дуб черешчатий *Quereus robur*, тополя біла *Populus alba*, береза повисла *Betula pendula*, суцвіття сосни звичайної *Pinus silvestris*). Для цього, самиць, зразу після спаровування, відбирали та розташовували у дерев'яні сітчасті садки, де розташовували гілки з листям. У кожному садку було не менше трьох життєздатних самиць. Кожні три дні, букети змінювали на свіжі. У кожному садку, на дні, розташовували шар рихлої дернини для відкладання яєць, товщиною не менше 12-15 см, яку регулярно зрошували.

Випробовування біопрепаратів на основі грибних ентомопатогенів Боверин (на основі *Beauveria bassiana*) та Метаризин (на основі *Metarrhizium anisopliae*) відносно личинок 3-го віку західного травневого хруща проводили 2016 року у лабораторних умовах за температури 16–22°C. Варіанти дослідів передбачали застосування робочої суспензії із різною концентрацією спор 0,9,

9,0, 90,0 та 900,0 млн/ мл. Обліки проводили на 15-ту та 30-ту добу після обробки личинок.

Оцінку ефективності біологічних препаратів Боверину та Метаризину у порівнянні до хімічного інсектициду на основі тіаметаксаму (Актара 25 в.г.) проводили у польових умовах шляхом обробки поверхні ґрунту у 2017 році. Рівень життєздатності яєць та відсотку їх загибелі від біологічних регуляторів чисельності популяції західного травневого хруща проводили за спеціальною методикою [54] та шляхом обліку загибелі їх від хижаків та паразитів протягом 2016-2018 рр. Оцінку впливу препаратів (обробка поверхні ґрунту) на самиць західного травневого хруща проводили під час яйцекладки в кінці травня – на початку червня (температурні показники з 25 травня по 28 червня були в межах 22–25⁰С без істотних опадів). Після обробки за допомогою прожектора вночі виловлювали самиць і на наступний день розкладали їх на оброблену ділянку по 3 особини на 1м² на площі 25м² та фіксували рухливість під час яйцекладки. Обліки проводили 25.05, 09.06, 24.06 та 09.07.

Порівняльна оцінка біологічних препаратів Боверин та Метаризин при внесенні у ґрунт у 5% концентрації проводилася у 2016-2017 рр. за наступними показниками: кількість уражених личинок на 10 рослин особ/ 100 м²; ступінь пошкодження коренів, %; кількість рослин, що загинули та збережених, екз. /100 м²; приріст пагонів за вегетацію, см; ефективність, %. Обліки проводилися через 15, 25 та 50 діб.

У 2016-2018 рр. оцінювали ефективність композиції на основі ентомопатогенної нематоди *Steinernema feltiae* та Метаризину У весняно-літній період, на початку масової яйцекладки хрущів проводили одноразове внесення на поверхню ґрунту композиції у складі водної суспензії ентомопатогенної нематоди виду *Steinernema feltiae* 1,0 – 1,2 млн. та 5,0%-ного водного розчину препарату Метаризин с.п. (титр спор *Metarrhizium anisopliae* становить не менше 8 млрд. у 1 г препарату).

У 2016-2018 роках проводили дослідження із порівняння елементів технології захисту розсадників сосни звичайної – відомих: 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%-ний *Metarrhizium anisopliae* від комплексу хрущів: травневого східного лісового, травневого західного, червеневого, волохатого та мармурового за початкової чисельності ґрунтоживучих фітофагів 23,7 – 29,1 особин на одне дерево сосни звичайної 2-річного віку. Контрольний варіант передбачав не менше 10-ти облікових дерев, де не використовували будь-які прийоми захисту. Для оцінки ефективності способів, відбирали найбільш інформативні тестові характеристики: інтенсивність інвазування, личинок нематоди у одній личинці хруща, особ.; загинув рослин, %; ефективність, %.

Конструювання системи регулювання чисельності комплексу пластинчастовусих фітофагів проводилося на основі концепції процесів зворотнього зв'язку, яка є частиною загальної теорії систем, полягає в тому, що похідний стимул повертається у зворотньому напрямку – до джерела і утворює петлю зворотнього зв'язку. Позитивний, дестабілізуючий, зворотній зв'язок утворюється коли похідний стимул, проходячи по петлі зворотнього зв'язку, викликає посилення (+) початкового стимула. Негативний, стабілізуючий, виникає, коли похідний стимул, проходячи по петлі, навпаки, викликає послаблення цього стимулу (–) [8, 61]. Проводили конструювання системи регуляції чисельності комах-фітофагів, що включає та виключає хімічний метод за обов'язкового застосування елементів біологічного методу.

Для оцінки загрози розсадникам від личинок пластинчастовусих використовувалася оригінальна версія оцінки загроз – протокол «штрафної системи» [8], залежно від умов місцеіснування, факторів лісонасаджень та порушень, а також індивідуальної стійкості окремих рослин сосни. Дана класифікаційна модель представлена у вигляді протоколу факторів індикаторів ризику і штрафних балів, що відповідають їм, а також

чотирьохрівневої шкали категорій загрози, які визначаються за сумою штрафних балів: ступінь охопленості: нормальна (0 балів), менше нормальної, але без контрасту по висоті рослини (2), слабка, є контрастні зони по висоті рослини (3); забарвлення хвої: нормальне (0), знебарвлення різного ступеня (3); висота рослин відносно вікового стандарту: стандартна (0), менше стандарту (2), рослини пригнічені (5); довжина річного прирісту: стандартна (0), низька (2), приріст відсутній (5); діаметр стовбура: стандартний (0), менше стандартного (3), значно менше стандартного (5); температурні умови: аномально посушливі (5), посушливі (3), помірні (0); вологість ґрунту: перезволожений (0), висока (2), помірна (5), низька (1); тип ґрунтів: піщаний (2), суглинок (3), чернозем (4); щільність ґрунту: легкий (2), важкий (5); утримання міжрядь: задерніння (5), культивація, дискування (1); віддаленість від лісового масиву: в межах масиву (3), на узбіччі лісу (2), віддалено від лісу (1); тип суміжних лісових масивів: хвойні (1), змішані (2), листяні (3); окультуреність прилеглих до розсадника територій: агроценози польових культур (1), луки та пасовища (2), території, виведені із сільськогосподарського користування (3), рекультивовані території (4), пустирі (5); мікрорельєф розсадника: ділянка вирівнена (2), є пониження (3); характер випадів рослин: поодинокі (2), групові (5); щільність насаджень на момент оцінки у % від первинної: менше 50% дуже розріджена (2), 50% розріджена (3), 80% слабозріджена (1), близько 100% нерозріджена (0).

Відносно зазначеного протоколу 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.

Для оцінки загрози використовувався оригінальний метод на основі оцінки просторових розподілів впливів личинок комплексу хрущів на саджанці сосни звичайної, а саме розподілів випадів саджанців (рис. 2.9) (відсоток загибелі) та «тиску» личинок на саджанці.



Рис. 2.9. Саджанці сосни звичайної, що загинули в результаті пошкодження кореневої системи личинками ґрунтових фітофагів

Метод передбачає: розбиття площі розсадника на клітини матриці (10x10 м) із початковою щільністю саджанців 100 екз; встановлення відсотку загибелі саджанців у кожній клітині матриці; визначення розподілу відсотку випадів: випадковий – рівень загрози початковий «1», контагіозний (груповий) – загроза рівня «2», рівномірний – максимальна загроза рівня «3»; визначення «тиску» личинок хрущів на саджанці в кожній клітині матриці. Для цього визначають відсоток зменшення висоти рослин порівняно до стандартної (для 5-річних саджанців 2,2-2,4 м); визначення розподілу зменшення висоти саджанців 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-ти бальною шкалою (5 балів – максимальний рівень загрози) і робимо висновок щодо прийняття управлінського рішення.

Оцінка розподілу проводиться за критерієм Сведберга, що визначається як відношення дисперсії до середнього: при значенні менше 1 – розподіл рівномірний, якщо дорівнює 1 – випадковий, а якщо більше 1 – груповий [160].

Розробка моделі порогів шкідливості личинок пластинчастовусих фітофагів передбачала визначення порогового рівняння їх шкідливості. З цією метою кореневу систему сосни, як трофічний ресурс представляли матрицею розмірністю $n \times n$, де елемент n дорівнює енергетичній потребі у живленні личинок комплексу пластинчастовусих (західного та східного травневих, мармурового, волохатого та червненого хрущів) у перерахунку на одиницю їх маси. Матрицю ділили на дві частини: А – зона ризику, частина кореневої системи з кореневою шийкою О, при пошкодженні яких найчастіше рослина гине, Б – зона стійкості або адаптивності, при пошкодженні якої загибель рослини малоімовірна. Діагональ ХУ є рівнем максимального пошкодження, що може витримати рослина. Методами комбінаторики визначали кількість одиниць маси личинок, які протягом сезону спожили трофічний ресурс зони Б, не перетнувши рівень максимального пошкодження ХУ. Для цього визначали число можливих маршрутів з точки X_I у точку Y_I , за обов'язкової умови – неперетинання та недоторканість лінії рівня максимального пошкодження. Найбільш оптимальними є способи пошуку у зоні Б маршрутів переходів $X_I \rightarrow Y_I$ по сторонах квадратів.

Формалізація рішення з урахуванням потреби живлення одиниці біомаси личинки прийме вигляд:

$$C_n = (2n! / n! (n + 1)!) ПЖ, \quad (2.1)$$

де $(2n! / n! (n + 1)!)$ – формула знаходження елементів ряду Каталана;

$ПЖ$ – потреба у живленні фітофага, визначена за формулою [49]:

$$ПЖ = \sum 16,54 W_i^{0,75} A B C K^{-1} \text{ мг/м}^2 \text{ добу, при } 20^\circ\text{C}, \quad (2.2)$$

де $16,54 W_i^{0,75}$ – пасивний енергообмін особини на певній стадії розвитку при масі її в грамах;

$A = 2,5$; $B = 2$ і $C = 2$ – поправки на активний обмін, засвоєння та споживання (частка спожитого від відторгнутої речовини у рослини або жертви) відповідно;

K – калорійність корму $0,45$ ккал/мг сирої маси рослин або $1,2$ ккал/мг – тварин;

\sum – сума за множиною n особин $(1, \dots, n)$.

Використання методу базується на прийнятті за оптимальну температуру 20°C , як такої, при якій енерговитрати комахи дорівнюють добовим енерговитратам при змінній температурі. В помірних широтах за таку температуру прийнято 20°C [49, 150].

Графічна моделювання порогового рівняння ґрунтується на залежності кількості переходів від розмірності матриці. При цьому критичну точку кривої $f(x)$ доцільно визначати як точку через яку проводиться дотична, що забезпечує найменшу похибку при визначенні похідної, що, в свою чергу, визначає нахил за формулою $f'(x) = \operatorname{tg} \alpha$, де α – кут, утворений дотичною з додатнім напрямком ОХ. Оптимумом буде 45° . Крайні точки відкидаються [22, 150].

Далі виводимо порогові значення співвідношення «біомаса кореневої системи : біомаса личинок пластичастовусих»: $6 : 3-4 = 1,71$ для личинок L_1 ; $3 : 4 = 0,75$ для личинок L_2 та L_3 . Формалізація прямої на якій лежить відрізок $[L_2-L_3; L_1]$ і є рівнянням порогу шкідливості, буде мати вигляд:

$$3x - 0,96y + 0,63 = 0 \quad (2.3)$$

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

Дослідження розподілу порогових значень шкідливості личинок пластинчастовусих фітофагів у часі передбачало визначення періодів шкідливості (експериментально та за літературними даними) личинкових стадій західного та східного травневих, мармурового, волохатого та червненого хрущів на різних етапах вегетаційного періоду шляхом визначення присутності личинок того чи іншого виду при ґрунтових розкопках. Вегетаційний період за шкідливістю хрущів поділяли на три етапи: А – потреба у живленні (ПЖ) личинок не перевищує біомасу коріння; Б – ПЖ перевищує біомасу коріння; С – ПЖ не перевищує біомасу коріння, але рослина ослаблена в наслідок живлення личинок хрущів на етапі Б.

Графічне моделювання проводили на основі динаміки імовірності перевищення порогового значення чисельності личинок пластинчастовусих фітофагів протягом вегетаційного періоду. На етапі С фактична лінія рівня імовірності буде зміщена вгору відносно теоретичної. Чим стрімкіший буде нахил лінії рівня імовірності відносно осі абсцис (більший кут α), тим менша імовірність переходу рослини у період С. У випадку коли імовірність перевищення порогового значення дорівнює 1, рослина гине на етапі Б. Обчислення будь-якої тригонометричної функції значень α дасть числове значення успішності переходу із періоду Б у С, яке можна використати як коефіцієнт перерахунку для рівняння порогового рівняння на етапі С. Нами використовувалася функція tg . За високої ефективності максимальний кут нахилу відповідає 30° , tg якого дорівнює 0,577, що можна прийняти за поправочний коефіцієнт для моделі 2.3.

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛЮВАННЯ ПОРОГІВ ШКІДЛИВОСТІ ЛИЧИНОК КОМПЛЕКСУ ПЛАСТИНЧАСТОВУСИХ КОМАХ-ФІТОФАГІВ

Рівні шкідливості комах-фітофагів є одним із фундаментальних елементів теорії порогів шкідливості, яку успішно розробляли починаючи з 30-х років XX сторіччя [17, 49, 78-80, 134]. Концептуально за цей час оцінки рівнів шкідливості еволюціонувала від класичного дисперсійного аналізу втрат урожаю [81] та визначення потенційних втрат від фітофага через інтегральні економічні показники [17] до підходів на основі енергетичних показників – потреби живлення фітофагів [49, 155]. Поділяючи погляди А.В. Фокіна ми робимо спробу розвинути ці ідеї, модифікуючи їх за допомогою комбінаторики. Поєднання методів останньої із енергетичною концепцією, на наш погляд, може дати поштовх до подальшого поглиблення теорії порогів шкідливості.

Таким чином, метою є розробка моделі рівнів шкідливості личинок пластинчастовусих фітофагів за допомогою методів комбінаторики.

3.1. 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 (рис. 3.1) комплексу пластинчастовусих (західного та східного травневих, мармурового, волохатого та червневого хрущів) у перерахунку на одиницю їх маси.



Рис. 3.1. Пошкодження кореневої системи саджанців сосни звичайної личинками хрущів

Умовно матрицю можна розділити на дві частини (залежно від пунктирної лінії): А і Б (рис. 3.2-3.4). А – зона ризику, частина кореневої системи з кореневою шийкою О, при пошкодженні яких найчастіше рослина гине, Б – зона стійкості або адаптивності, при пошкодженні якої загибель рослини малоімовірна. Діагональ ХУ є рівнем максимального пошкодження, що може витримати рослина.



Рис. 3.2. Загальний вигляд неушкодженої кореневої системи саджанця сосни звичайної із умовним розподілом на зони ризику та стійкості відносно пошкоджень личинками хрущів (пунктирна лінія – рівень максимального пошкодження)



Рис. 3.3. Коренева система саджанців сосни звичайної (ліворуч – непошкоджена, у центрі та праворуч – пошкоджені личинками хрущів, показано стрілками)

Для визначення рівня шкідливості ґрунтових фітофагів важливо оцінити за якої чисельності личинок різного віку дворічний сіянець сосни здатний вижити протягом критичного періоду – періоду активності личинок шкідника. Оскільки потреба у живленні личинок залежна від їх 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.

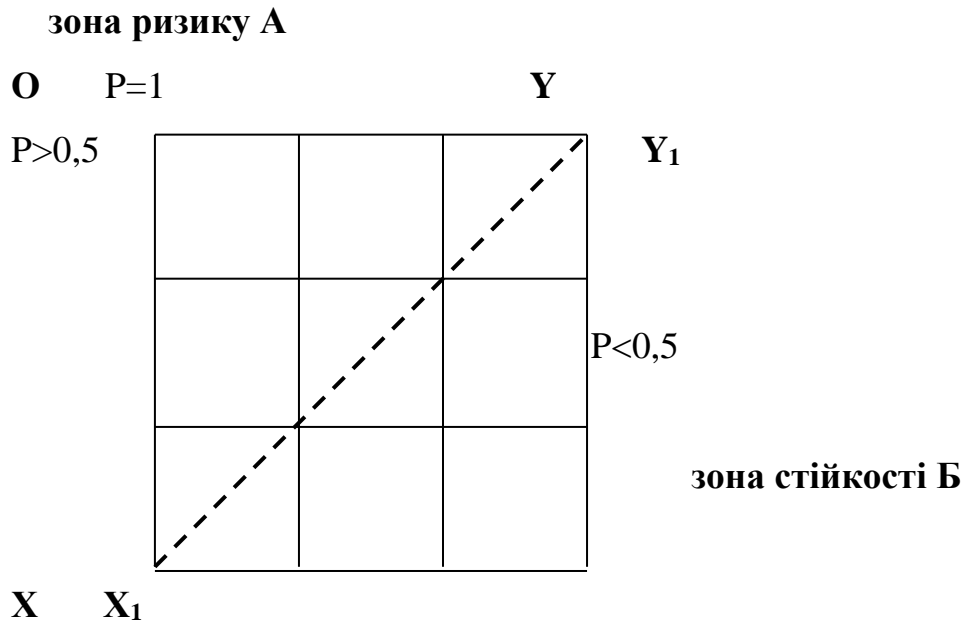


Рис. 3.4. Гіпотетична енергетична матриця $n \times n$ кореневої системи сосни звичайної

$P=1$ - при пошкодженні кореневої шийки O імовірність загибелі дорівнює 1;

$P<0,5$ – імовірність загибелі рослин при пошкодженні коренів низька;

$P>0,5$ – імовірність загибелі рослин при пошкодженні коренів висока.

Іншими словами завдання полягає у визначенні кількості одиниць маси личинок, які протягом сезону спожили трофічний ресурс зони Б, не перетнувши рівень максимального пошкодження XU . Поставлене завдання можна розв'язати методами комбінаторики, визначивши число можливих маршрутів з точки X_1 у точку Y_1 . Для зручності можна вважати, що X_1 та Y_1 не належать XU , хоча відстань між ними прагне 0. При цьому обов'язковою умовою є неперетинання та недоторканість лінії рівня максимального пошкодження. Найбільш оптимальними є способи пошуку у зоні Б маршрутів переходів $X_1 \rightarrow Y_1$ по сторонах квадратів (рис. 3.5).

За різної розмірності матриці $n \times n$ можлива різна кількість сценаріїв переходу (табл. 3.1).

Числова послідовність кількості переходів, що не торкаються лінії максимального пошкодження є послідовністю чисел Каталана (ЧК), які

визначаються як кількість монотонних шляхів у квадратній матриці $n \times n$ з одного кута у інший, не перетинаючих діагональ.

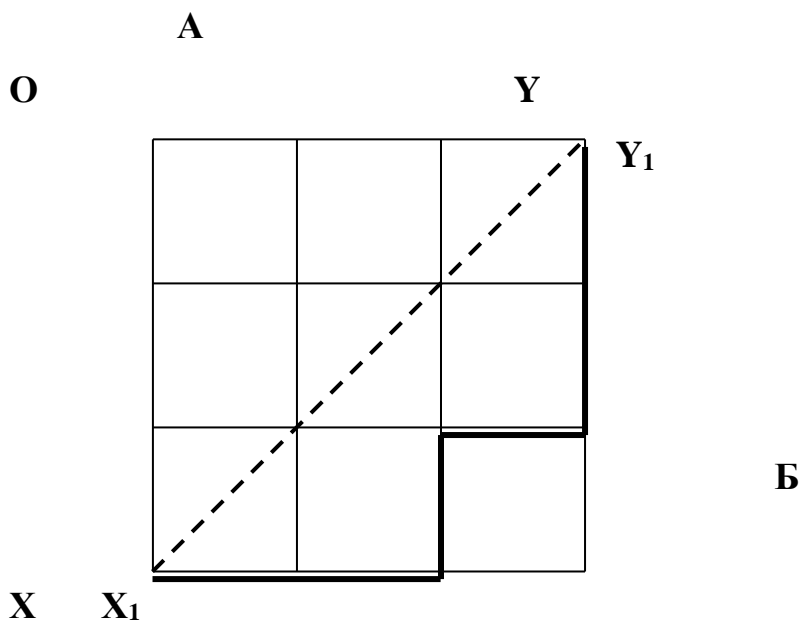
Графічна залежність розмірності матриці від ЧК наведена на рис. 3.6. З неї видно, що за значної маси кореневої системи ($n > 6$), маса личинок, які живляться на ній не лімітує виживання рослини. Це доводиться зниженням рівня нахилу кривої і поступовим виходом її на плато за великих значень ЧК (наприклад, 42).

Формалізація рішення з урахуванням потреби живлення одиниці біомаси личинки прийме вигляд:

$$C_n = (2n! / n! (n + 1)!) ПЖ, \quad (3.1)$$

де $(2n! / n! (n + 1)!)$ – формула знаходження елементів ряду Каталана;

$ПЖ$ – потреба у живленні фітофага, визначена за формулою:



3	2	5
4	5	14
5	4	35
6	42	132

$$ПЖ = \sum 16,54 W_i^{0,75} A B C K^{-1} \text{ мг/м}^2 \text{ добу, при } 20^\circ\text{C}, \quad (3.2)$$

де $16,54 W_i^{0,75}$ – пасивний енергообмін особини на певній стадії розвитку при масі її в грамах;

$A = 2,5$; $B = 2$ і $C = 2$ – поправки на активний обмін, засвоєння та споживання (частка спожитого від відторгнутої речовини у рослини або жертви) відповідно;

K – калорійність корму $0,45$ ккал/мг сирової маси рослин або $1,2$ ккал/мг – тварин;

\sum – сума за множиною n особин $(1, \dots, n)$.

Використання методу базується на прийнятті за оптимальну температуру 20°C , як такої, при якій енерговитрати комахи дорівнюють добовим енерговитратам при змінній температурі. В помірних широтах за таку температуру прийнято 20°C [49, 155].

Спеціальним випадком є розгляд варіанта пошкодження кореневої системи личинками першого покоління (L_1), у раціоні яких у значній мірі присутній гумус і біомаса яких дуже незначна. У цьому разі можливо використовувати метод проходження енергетичних квадратів зони Б не тільки по їх сторонах, але й за діагоналями (табл. 3.2). При цьому для різних розмірностей енергетичної матриці отримуємо ряд $\{2; 4; 12\}$. Цікаво, що якщо врахувати сценарії переходів, які передбачають торкання лінії рівня максимального пошкодження кореневої системи ХУ, то отримаємо ряд наближений до ряду чисел Деланне (число, що визначає кількість сценаріїв переходу поля $n \times n$ за діагоналлю з урахуванням можливого руху за

діагоналями квадратів – перші три числа такої послідовності мають вигляд $\{1; 13; 63\}$). Графічна візуалізація залежності кількості переходів від розмірності матриці представлена на рис.3.4.

3.2. Кількість сценаріїв переходу $X_I \rightarrow Y_I$ в енергетичній матриці $n \times n$
(з можливістю руху за діагоналями квадратів)

Розмірність матриці $n \times n$	Число сценаріїв переходу $X_I \rightarrow Y_I$	
	не досягаючи рівня max пошкодження	досягаючи рівня max пошкодження, але не перетинаючи його
1	2	3
2	4	13
3	12	63

Важливо відмітити, що критичну точку кривої $f(x)$ доцільно визначати як точку через яку проводиться дотична, що забезпечує найменшу похибку при визначенні похідної, що, в свою чергу, визначає нахил за формулою $f'(x) = tg \alpha$, де α – кут, утворений дотичною з додатнім напрямком ОХ. Оптимумом буде 45° . Крайні точки відкидаємо. Отже, дотична до кривої $f(x)$ у нашому випадку співпадає (або дуже наближене до нього) з оптимальним значенням на відрізку $n \in [1;2]$ за кількості сценаріїв переходу $X_I \rightarrow Y_I$ 4 ($\alpha = 45^\circ$; $tg \alpha = 1$) [22, 150]. Це з одного боку свідчить, що при $n > 3$ рівні шкідливості для кореневої системи сосни не будуть мати сенсу, а з іншого визначає максимальну масу личинок, що може використати трофічний ресурс зони Б не викликаючи загибелі рослини.

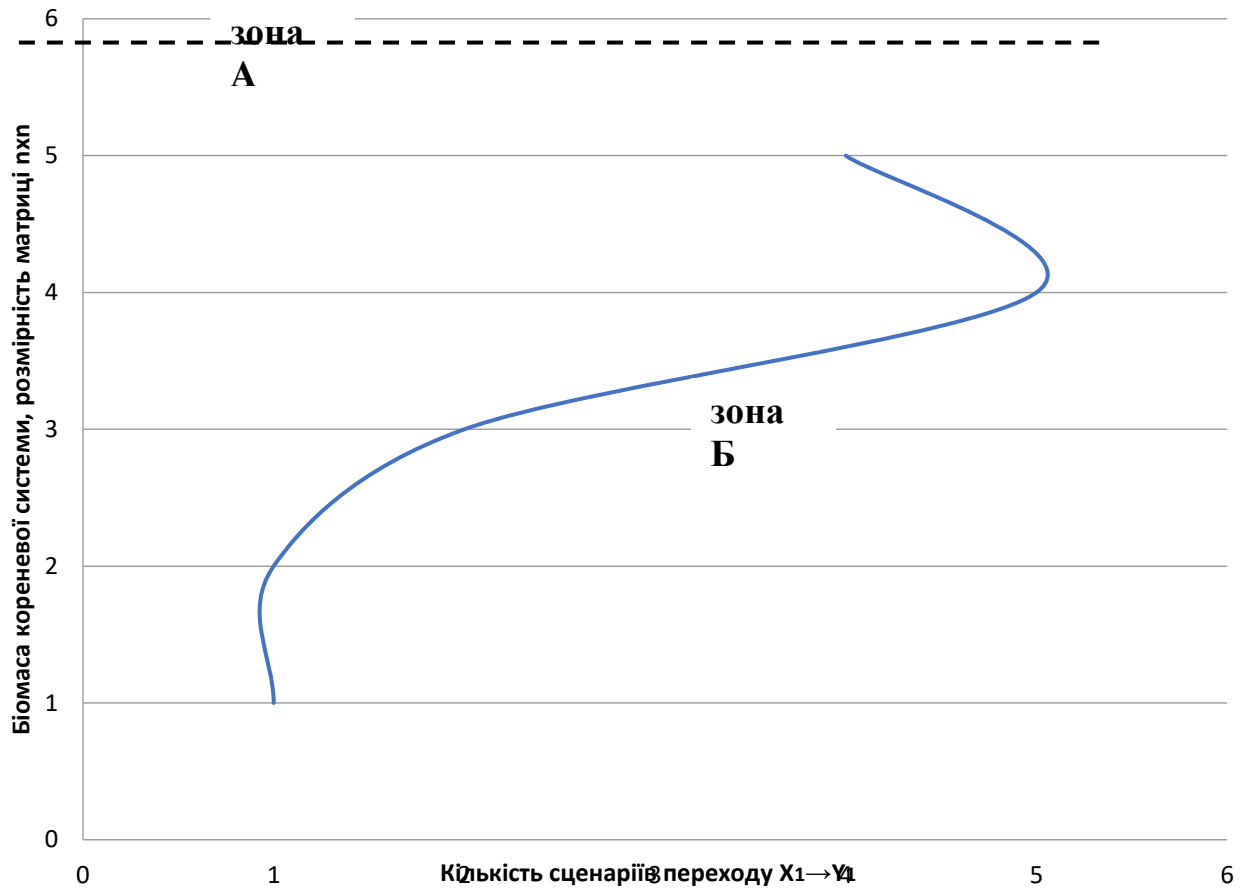


Рис. 3.6. Залежність кількості можливих переходів $X_I \rightarrow Y_I$ (із заборонаю руху за діагоналями енергетичних квадратів в зоні стійкості) від біомаси кореневої системи сосни звичайної

Повертаючись до рис. 3.6 так само відкидаємо крайні точки і визначаємо, що кут нахилу дотичної найбільш наближений до 45° в інтервалі [3;4]. Отже, мінімальна розмірність матриці 3 x 3, максимальна 6 x 6. В цьому випадку зона Б здатна витримати тиск 4-х одиниць маси личинок пластинчастовусих. Для $n=3$ – 4 одиниці маси личинок молодшого віку (L_1), для $n=6$ – 4-5 одиниць маси личинок старшого віку (L_2 ; L_3). Різниця пояснюється збільшенням у останніх частки рослинного живлення.

Звідси виводимо порогові значення співвідношення «біомаса кореневої системи : біомаса личинок пластинчастовусих»:

$6 : 3-4 = 1,71$ для личинок L_1 ;

$3 : 4 = 0,75$ для личинок L_2 та L_3 .

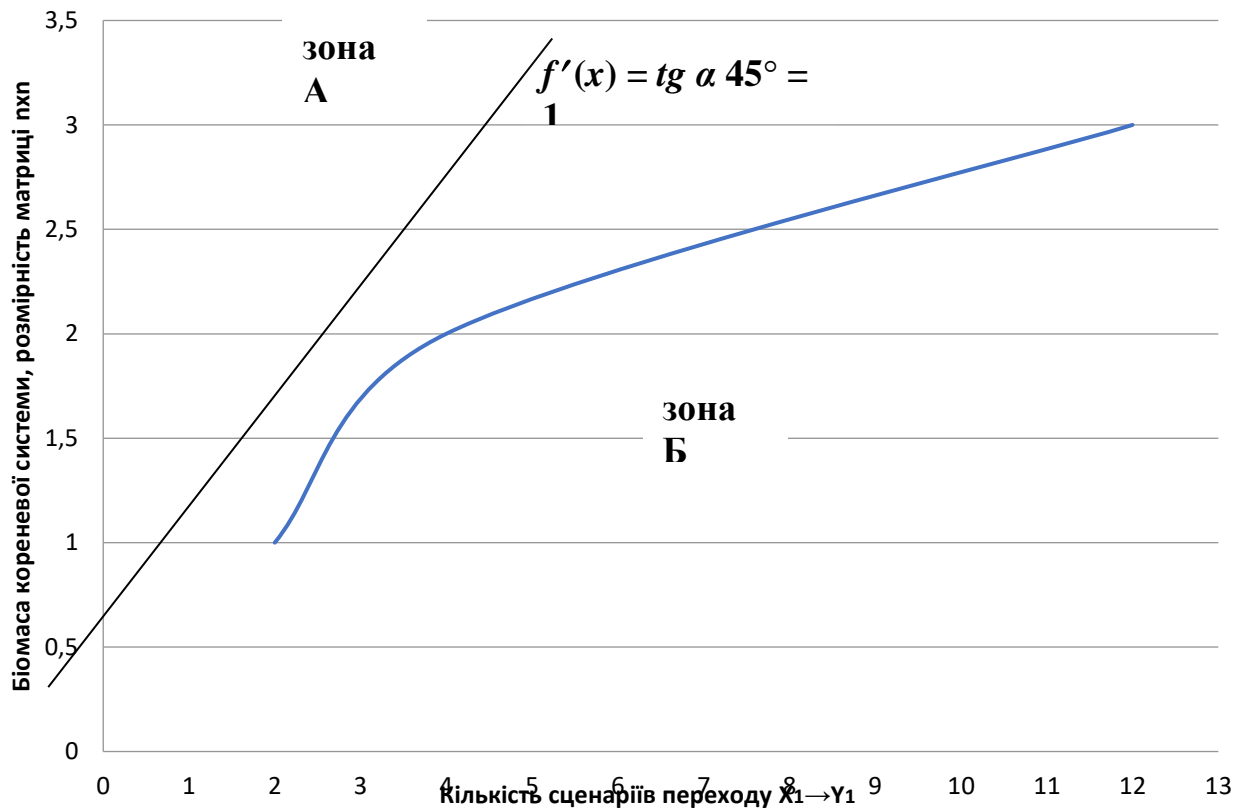


Рис. 3.7. Залежність кількості переходів $X_1 \rightarrow Y_1$ (із можливістю руху за діагоналями енергетичних квадратів в зоні стійкості) від біомаси кореневої системи сосни звичайної

Формалізація прямої на якій лежить відрізок $[L_2-L_3; L_1]$, представленої на рис.

3.8, і є рівнянням порогу шкідливості, буде мати вигляд:

$$3x - 0,96y + 0,63 = 0 \quad (3.3)$$

або

$$x = (0,96y - 0,63) / 3, \quad (3.4)$$

де x – співвідношення біомаси кореневої системи до біомаси личинок;

y – біомаса кореневої системи.

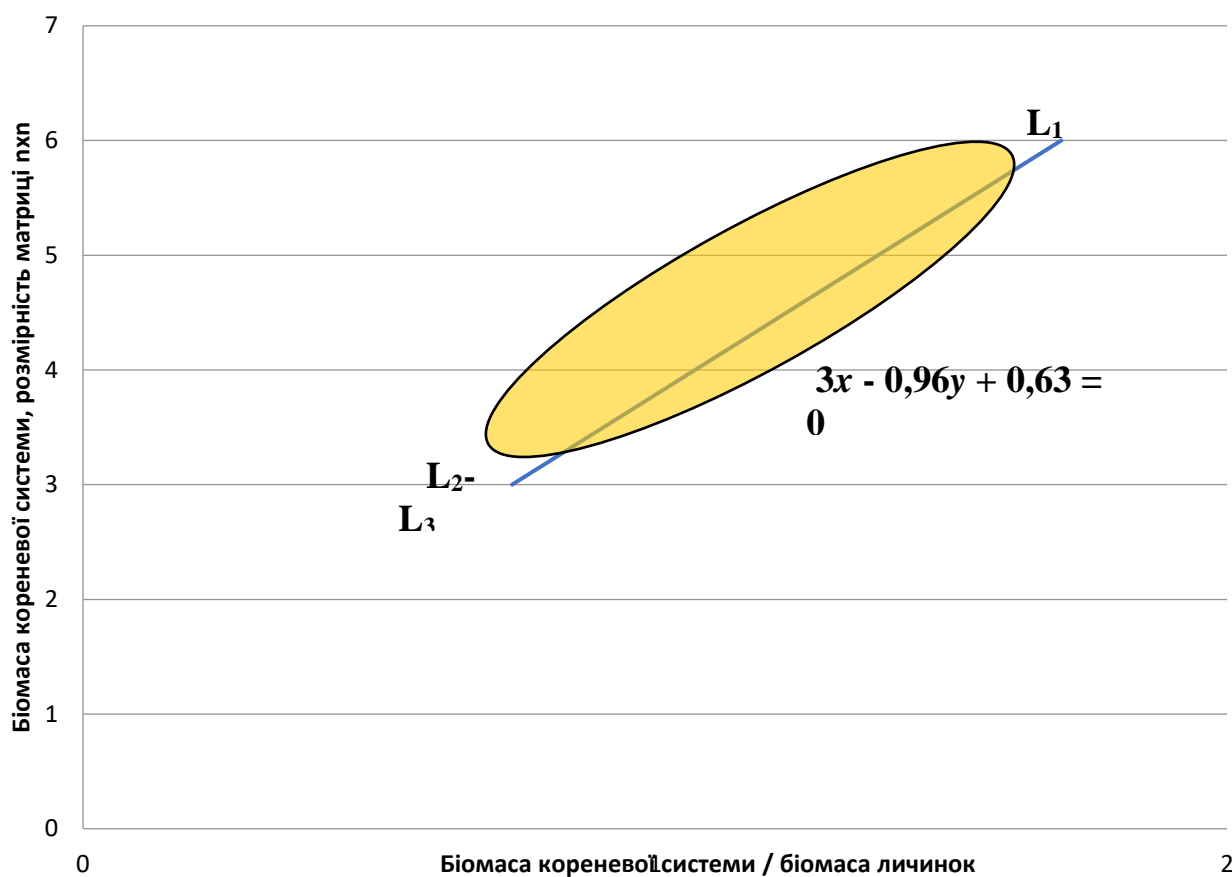


Рис. 3.8. Порогові значення співвідношень біомаси кореневої системи сосни звичайної та личинок різного віку пластинчастовусих жуків

Найпростіший спосіб знищити зону Б матриці $n \times n$ – обійти її за зовнішнім периметром. Саме таким чином діють личинки пластинчастовусих фітофагів – починають житися з периферії. На рис. 3.9 наведено саме такий сценарій.

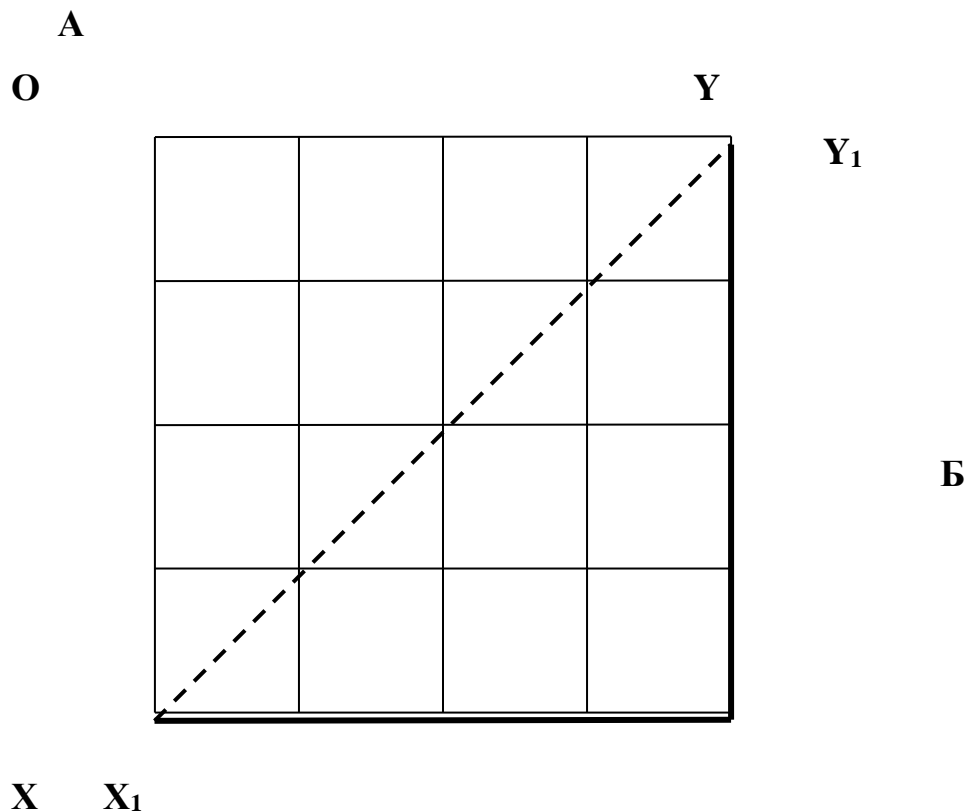


Рис. 3.9. Переферійний сценарій знищення зони Б
личинками хрущів

3.2. Розподіл порогових значень шкідливості личинок пластинчастовусих фітофагів у часі

Реалізація порогових показників шкідливості протягом вегетаційного періоду має свої особливості. Перш за все потрібно мати на увазі, що цей поріг «енергетичний», тобто прив'язаний до значень біомаси (кореневої системи та личинок) та потреби у живленні (личинок). В той же час фенологія представників комплексу пластинчастовусих фітофагів – західного та східного травневих, мармурового, волохатого та червненого хрущів, який присутній в лісових екосистемах, значно різниться, а відтак різняться і періоди шкідливості їх личинкових стадій (рис. 3.10, табл.3.3).

3.3. Тривалість періодів шкідливості комплексу пластинчастовусих фітофагів протягом вегетаційного періоду

Вид хрущів	Інтервал періоду шкідливості, міс.	Джерело
Західний травневий	2-га декада травня – 2-га декада жовтня	[71, 108, оригінальні дані]
Східний травневий		[7, 71, 108, оригінальні дані]
Мармуровий	Травень- вересень (у липні –вересні заглиблюється, уникаючи високих температур)	[33, 71, оригінальні дані]
Волохатий	Квітень- вересень (у липні –вересні заглиблюється, уникаючи високих температур)	[71, оригінальні дані]
Червневий	Квітень-жовтень	[71, оригінальні дані]

Таким чином, загалом вегетаційний період за шкідливістю хрущів можна розділити на три етапи:

А – потреба у живленні (ПЖ) личинок не перевищує біомасу коріння;

Б – ПЖ перевищує біомасу коріння;

С – ПЖ не перевищує біомасу коріння, але рослина ослаблена в наслідок живлення личинок хрущів на етапі Б.

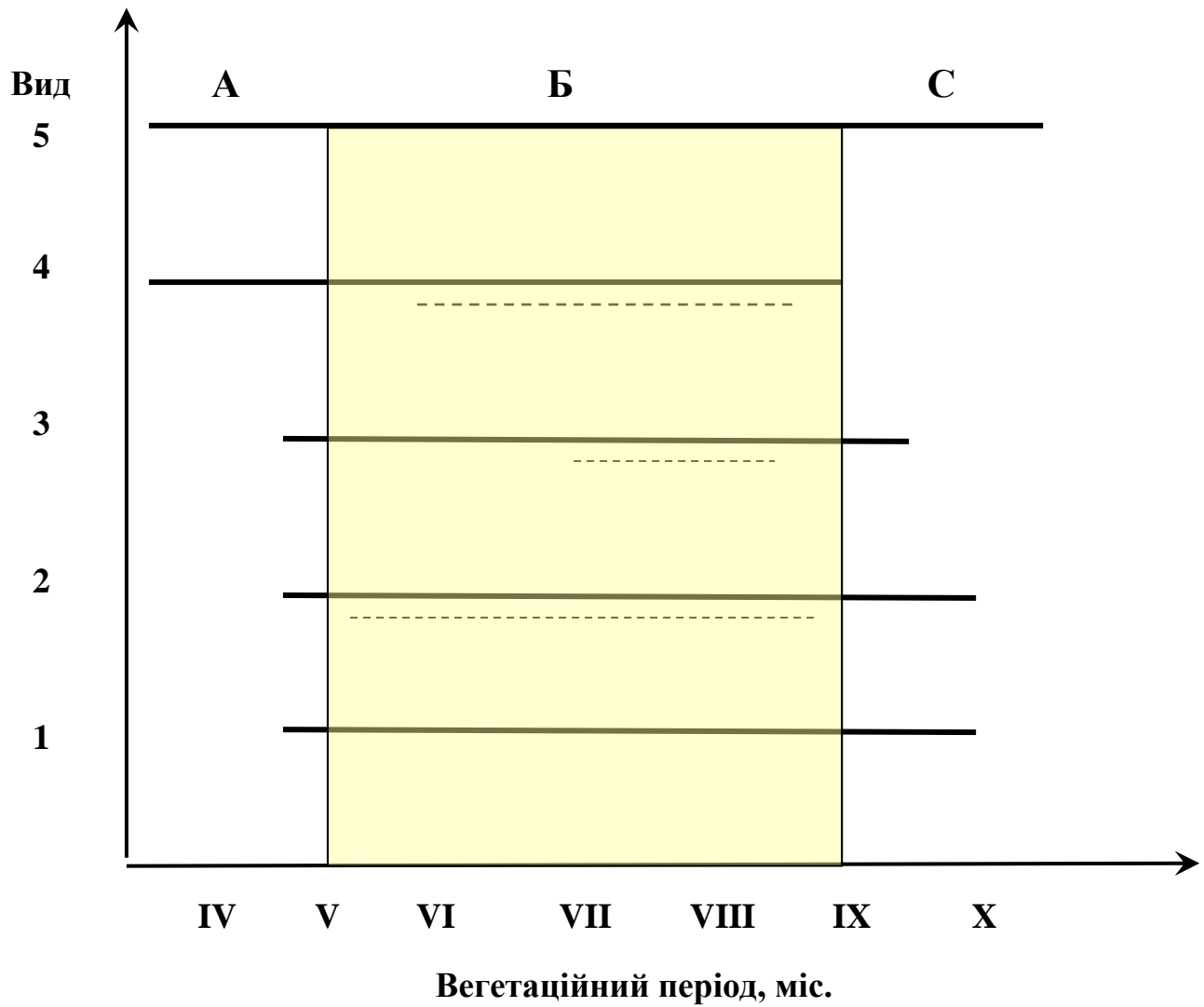


Рис. 3.10. Розподіл періодів шкідливості комплексу пластинчастовусих фітофагів протягом вегетаційного періоду (пунктиром позначено період, коли личинки заглиблюються у нижні шари ґрунту)

- 1 – західний травневий хрущ;
- 2 – східний травневий хрущ;
- 3 – мармуровий хрущ;
- 4 – волохатий хрущ;
- 5 – червневий хрущ.

Вочевидь, що пороги шкідливості на різних етапах повинні різнитися, мати коефіцієнт перерахунку. Загалом імовірність загибелі рослин сосни дворічного віку можна представити як нерівність: $B > C > A$.

Імовірність загибелі на етапі Б максимальна, оскільки в цьому інтервалі вегетаційного періоду шкодять личинки різного віку, а відтак біомаса личинок дуже значна. Крім того, в цей період рослини відчують дефіцит вологи у ґрунті. По суті, на етапі Б порогові значення не діють, або при їх застосуванні є ризик великої похибки, оскільки личинки деяких видів, зокрема мармурового та волохатого хруща, мігрують у нижні, більш вологі шари ґрунту, а отже обліковувати їх неможливо. Більш адекватні порогові значення на етапах А та С.

Етап А – початковий, весняний і порогові значення шкідливості для личинок хрущів розраховуються, як нами доведено вище, за рівнянням 3.3.

А на наступних етапах порогове рівняння потрібно розглядати через призму попереднього періоду із урахуванням ефективності заходів регулювання чисельності. Графічно це можна представити як рис. 3.11.

Важливо відмітити – на етапі С фактична лінія рівня імовірності MN_1 буде зміщена вгору відносно теоретичної MN , це відбувається внаслідок того, що рослини, які пережили період Б (тиск популяції фітофагів та дефіцит вологи) на прикінці вегетації ослаблені, а отже і поріг шкідливості для них буде значно менший – імовірність загибелі зростає навіть якщо чисельність личинок хрущів не сягає порогового значення.

Чим стрімкіший буде нахил MN_1 відносно осі абсцис (більший кут α), тим менша імовірність переходу рослини у період С. У випадку співпадіння MN_1 та MZ , тобто коли імовірність перевищення порогового значення дорівнює 1, рослина гине на етапі Б.

Система регулювання чисельності фітофагів повинна бути спрямована на максимальний захист культури сосни у період А – недопущення пошкодження кореневої системи личинками (хімічний інсектицид) і превентивне насичення екосистеми біологічними агентами з таким розрахунком, щоб максимальна ефективність їх припадала на період Б.

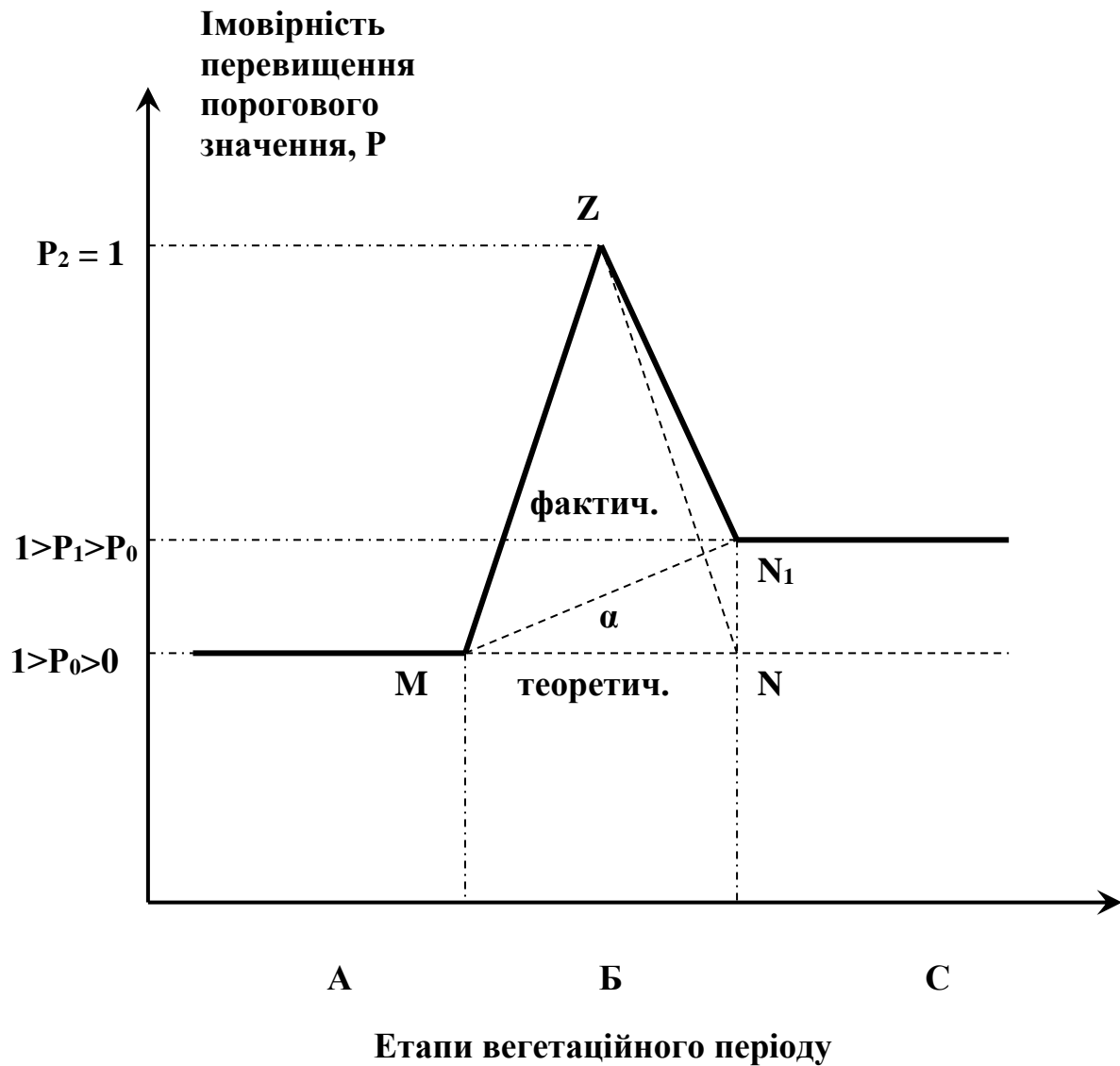


Рис. 3.11. Динаміка імовірності перевищення порогового значення чисельності личинок пластинчастовусих фітофагів протягом вегетаційного періоду (пояснення у тексті)

Показником успішності переходу рослини із періоду Б у С є величина кута α , чим він менший – тим ефективніше спрацювала система захисту на етапах А та Б: $0 \leq \alpha \leq 90$. Обчислення будь-якої тригонометричної функції значень α дасть числове значення успішності переходу, яке можна використати як коефіцієнт перерахунку для рівняння 3.3 на етапі С. Найбільш зручною, на наш погляд, є функція tg , оскільки з її допомогою отримуємо не згладжений числовий ряд (як, наприклад, при обчисленні sin), а такий, що дозволяє визначити критичний період ефективності системи захисту – коли її ефективність менша 40%. Це стає можливим тому, що $tg90^\circ = \infty$, а значення

ряду α при наближенні до 90° стрімко змінюються в інтервалі $87-88^\circ$: $tg\ 87^\circ = 19,081$, $88^\circ - 28,636$, а вже $tg\ 89^\circ = 57,289$ (табл. 3.4).

3.4. Оцінка успішності застосування заходів регулювання чисельності личинок хрущів

Кут нахилу $MN_1(\alpha)$	$tg\ \alpha$	Оцінка ефективності, %			
		> 90 висока	40-60 невизначена	60-90 прийнятна	< 40 низька
0,1	0,00175	x			
1	0,01746	x			
10	0,176	x			
20	0,363	x			
30	0,577	x			
40	0,839		x		
50	1,191		x		
60	1,732		x		
70	2,747			x	
80	5,671			x	
87	19,081			x	
88	28,636				x
89	57,289				x

Це можна прийняти і як уточнення максимально можливого кута α :

$$0 \leq \alpha < 88 \quad (3.5)$$

У наведеній градації ефективності пояснення вимагає інтервал «40-60», який ми трактуємо як «невизначений» - він охоплює 50%-е значення $\pm 10\%$, тобто інтервал у межах якого неможливо точно визначити, чи був власне ефект

від технології захисту – значення tg для нього коливаються близько 1: 0,839 – 1,732.

За високої ефективності максимальний кут нахилу відповідає 30° , tg якого дорівнює 0,577, що можна прийняти за поправочний коефіцієнт для моделі 3.3.

Отже, вона прийме наступний вираз:

$$x = ((0,96y + 0,63) / 3) 0,577, \quad (3.6)$$

де – x – співвідношення біомаси кореневої системи до біомаси личинок;

y – біомаса кореневої системи.

Підсумовуючи, отримані результати можна звести у наступну табл. 3.5.

3.5. 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 біоагентом
Б (переважно літо)		Хімічний інсектицид + дія біоагента
С (осінь)	$x = ((0,96y + 0,63) / 3) 0,577$	

3.3. Висновки до 3-го розділу :

- кореневу систему сіянців деревних порід гіпотетично можна уявити як матрицю розмірністю $n \times n$;

- в межах матриці існує рівень максимального пошкодження і дві зони: А – ризику і Б – адаптивності;
- використання трофічного ресурсу адаптивної зони Б личинками пластинчастовусих фітофагів можна за допомогою методів комбінаторики уявити як маршрут проходження через енергетичні квадрати матриці;
- встановлено, що адаптивна зона енергетичної матриці кореневої системи сосни звичайної розмірністю 3 x 3 та 6 x 6 може витримати тиск 4-х одиниць маси личинок західного та східного травневих хрущів першого віку та 4-5 другого – третього віків відповідно;
- різниця у ємності адаптивної частини матриці залежить від частки рослинного живлення у личинок травневих хрущів різного віку;
- порогове значення співвідношення біомаси кореневої системи дворічних сіянців сосни звичайної та личинок пластинчастовусих фітофагів становить 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 розділити на три етапи: А, Б, С, залежно від фенології фітофагів;
- для етапів А, Б та С доцільні різні моделі порогів шкідливості;
- модель порогу шкідливості на етапі С враховує підвищення рівня імовірності загибелі рослини внаслідок ослаблення личинками хрущів у попередні періоди (А, Б) та ефективність проведених заходів регулювання чисельності цих фітофагів.

Основні наукові результати розділу опубліковані в працях автора [66, 69].

РОЗДІЛ 4

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕГУЛЮВАННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ ПЛАСТИНЧАСТОВУСИХ ФІТОФАГІВ

4.1. Теоретичні передумови та гіпотеза

Використання систем регулювання чисельності комах в екосистемах (агро- чи лісовій) можуть не викликати дестабілізації останніх за умови дотримання таких принципів:

1. Співвідношення у стабільній екосистемі матриксу (непридатні місцевіснування) та придатних місцевіснувань (коефіцієнт Шредера) 40 : 60 [169].

2. Оптимальне співвідношення хімічної та біологічної складової системи регулювання чисельності комах 40 : 60 [159].

Схематично ці принципи можна представити на рис. 4.1. Основна ідея полягає у тому, що динаміка фітофагів у стабільній екосистемі балансує на межі між придатними місцевіснуваннями для природних регуляторів та матриксом. Тиск системи захисту на популяцію цільового об'єкта може змінити баланс в екосистемі – у який бік – залежить від обраної стратегії, найбільш оптимальна з них передбачає співвідношення біометоду та хіметоду 40 : 60. Саме за такого підходу можлива активізація природних регуляторів чисельності, потенціал яких показано у табл. 4.1. – для комах ентомофагів 30%, для хребетних хижаків – 50% на фоні прийнятного коефіцієнта Шредера. Необгрунтоване використання хімічних препаратів попри їх тимчасовий ефект повністю нівелює регуляторні можливості комплексу хижаків та паразитів у перспективі, збільшуючи частку матриксу. В світлі цього особливого значення набувають прийоми збереження, приваблення та розселення популяцій ентомофагів, активізація їх регуляторного впливу (табл. 4.1), а саме: максимальне рослинне різноманіття із домінуванням нектароносів тривалого терміну квітування, штучні

гніздування для птахів та гніздилища для комах, розміщення живильних принад, а для розсадників лісових культур – максимальна інтеграція їх до ландшафту.

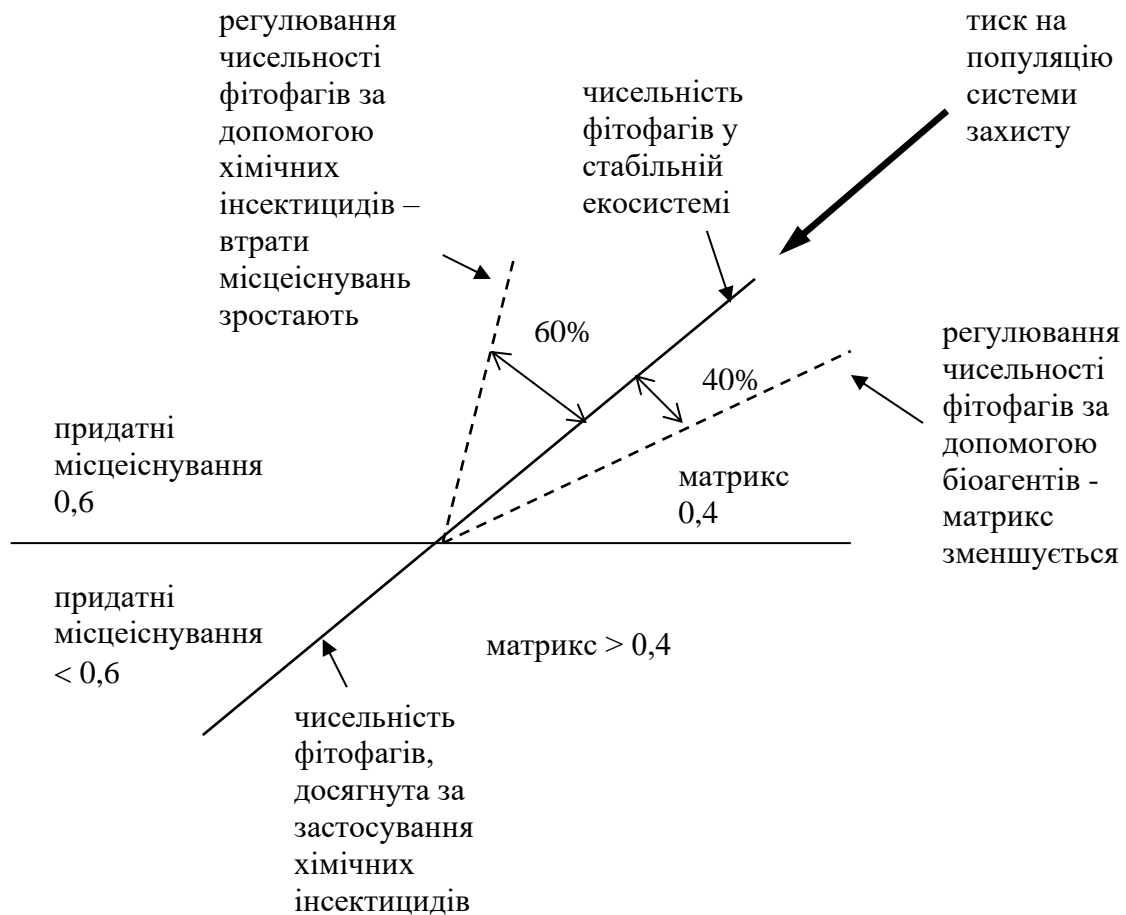


Рис. 4.1. Вплив систем регулювання чисельності комах-фітофагів на елементи стабільності екосистеми

Гіпотеза: елементи системи регулювання чисельності, сконструйованої з урахуванням вищенаведених принципів (значення коефіцієнту Шредера та співвідношення між біологічним та хімічним елементами системи захисту) повинні бути ефективними та екологічно оптимізованими.

4.1. Природні регулятори чисельності комплексу пластинчастовусих у розсаднику сосни звичайної (Богуславський лісгосп, 2014-2018 рр.)

Видовий склад природних регуляторів чисельності	Характер трофічної спеціалізації				Прийоми збереження, приваблення, та розселення популяцій ентомофагів, активізація їх впливу	Умови інтеграції елементів сприятливої регуляторної дії з прийомами винищувального характеру
	імаго	яйця	личинки та лялечки	всього, %		
Птахи: граки, ворони, шпаки, польовий горобець, трясогузки, сорокопуд, кібчики, сойки, сови	17,6 – 25,2	5,4 - 6,3	15,4-40,2	54,0	Розсадники у системі ландшафту, максимальне рослинне різноманіття, штучні гніздування; живильні принади	Обмежується використання хімічних та допускається використання мікробіологічних препаратів
Комахи: хижі жуки	-	3,8-15,4	13,7-21,3	27,1	Домінування нектароносів тривалого терміну квітіння; облаштування штучних гніздилищ з очерету та бузини; розміщення живильних принад	Осередкове використання хімічних препаратів, за порогової чисельності та за домінування східного та західного тр.хрущів; комплексне використання мікробіологічних препаратів, Боверин, Метаризин; приваблення жуку; агротехнічні заходи
Комахи: мухи ктирі: <i>Promachus canus</i> ; <i>Satanus gigas</i> ;	-	-	2,8-9,4	6,1		
Паразити: червонолапа тіфія; кліщі; <i>Throctagus perniciosus</i> ; <i>mycetoglyphus furgivorus</i> ; <i>caloglyphus spinatarsus</i>		4,7-6,2	9,6-15,8	18,1		
Ентомопатогени: гриби <i>Beauverias</i> ; <i>Metarhizium</i>	0,5-1,2	0,8-2,7	12,8-34,2	26,1	Мульчування приштамбових кіл; регулярні поливи; внесення препаратів на основі ентопатогених грибів: Боверин та Метаризин.	Інтеграція з усіма прийомами
Синоптичні аномалії	2,6-4,3	5,4-7,9	4,7-4,2	12,8		Елімінація фізіологічно ослабленої частини популяції

4.2. Біоекологічні характеристики різних стадій хрущів, що мають значення для оптимізації системи захисту

Раціональні технології захисту рослин взагалі і лісостанів зокрема потребують вичерпної інформації із біології та екології домінуючих видів фітофагів. Така інформація висвітлює критичні періоди в онтогенезі фітофагів, їх реакцію до дії різноманітних стресових факторів біологічного та антропогенного походження. Враховуючи ці фактори можливо перейти від існуючої винищувальної стратегії, часто з високою господарською ефективністю але з не передбачуваними наслідками, до реалізації сучасних екологічно-безпечних технологій. Однією із особливостей останніх є врахування природних регуляторних чинників: від очевидних – популяцій ентомофагів, та ентомопатогенів до неочевидних – біоценотичних, що інтегрують процеси стійкості екосистем. Сказане має безпосереднє відношення до проблем розсадників. Відомо, основна загроза функціонуванню розсадників та молодих культур сосни надходить від комплексу ґрунтових фітофагів, з яких найбільш проблемними є хрущі. Їх личинки становлять перешкоду для отримання необхідних стандартних саджанців.

Нами досліджувалися особливості формування репродуктивного потенціалу самиць хрущів, динаміки їх яйцекладки, життєздатність яєць, поширивої локалізації яєць, личинок та діапаузуючих лялечок у ґрунті.

4.2.1. Формування репродуктивного потенціалу самиць

Вважається цілком закономірним, що основна загроза високого рівня шкідливості належить личинкам хрущів. У той же час, у період масового льоту імаго, спостерігається значне скупчення особин на різних деревних породах. Літературні джерела, власні дослідження показали, що для повноцінного функціонування гонад самиць та самців, необхідні значні трофічні реформи. Це означає, що одразу після відродження імаго обох статей інтенсивно споживають вегетативну масу, з властивою та характерною добовою

ритмікою. Тобто, упродовж світлового дня імаго у кронах дерев практично повністю завмирають. Відбувається інтенсивний процес травлення їжі та розподіл енергетичних ресурсів. Прийнято вважати, що понад 60% ресурсів витрачається на процес оогенезу самиць. Самиці відроджуються з цілком сформованою морфологічною структурою гонад, проте, подальший їх розвиток повністю залежить не тільки трофічної маси, а і від якості трофічного субстрату. Встановлено, що за наявності значного рослинного різноманіття у імаго хрущів є вибір. За умов трофічного дефіциту, імаго частково мігрують, або концентруються на інших листових або хвойних деревостанах.

Характер живлення повністю відповідає репродуктивному потенціалу яєць, їх фізіологічними параметрам, рівню життєздатності та сприятливості до дії різноманітних стресових факторів. Очевидно, з викладеного, що показники реальної плодючості самиць є досить вагомим фактором прогнозу потенційного поширення популяцій.

Саме тому було проведено лабораторно-польові дослідження, що стосуються встановлення закономірності між трофічною цінністю корму та його впливу на оогенез самиць, їх функціональну активність та реальну плодючість. У весняно-літній період, у процесі початкового масу льоту імаго з трьох видів листових та хвойних порід відбирали рендомізовано не менш по 30 імаго самиць з кожної породи. У подальшому, після чотирьох діб живлення, проводили процедуру фізіологічного моніторингу (розтин черевця, з наступним видаленням гонад). Оцінювали форму та наповненість морфологічних структур гонад, відмічали механічні дефекти та оцінювали рівень функціональної активності. Матеріали трирічних досліджень наведено у таблиці 4.2.

Встановлено, що за показниками маси лялечок самиць, функціональною активністю гонад та реальною плодючістю самиць листя дуба черешчатого є оптимальним субстратом, що оптимізує усі параметри та життєві функції самиць. У порівнянні з іншими листовими породами, реальна плодючість самиць, що жилились листям дуба перевищує у 1,5 – 2,5 рази. Привертає до

себе увагу потенціал самиць хрущів, котрі живлять суцвіттям сосни звичайної. Констатуємо, що цей субстрат є цілком придатним для формування дочірніх поколінь хрущів. Встановлено також, що самиці сосни, що жилились суцвіттям сосни звичайної характеризуються вираженими фізіологічними показниками значним репродуктивним потенціалом та шкідливістю. Менш сприятливі умови для самиць хрущів спостерігаються при живленні листям берези повислої. Листя тополі, як трофічний субстрат, за умов живлення імаго, формує переважно фізіологічно неповноцінні популяції хруща.

Практика підтверджує, що розсадники, які оточують дуби, найбільше потерпають від надмірного заселення хрущами. Спочатку це дорослі особини у кронах дерев і далі – високий рівень заселення ґрунту личинками хрущів. Очевидно, що у складі будь-яких технологій повинен бути прийом, що спрямований на масове знищення дорослих особин, хоча б у льотні роки. З точки зору сьогоdnішнього рівня техніки, одна обробка крон дерев інсектицидом до початку яйцекладки самиць, дозволить повністю вирішити цю проблему.

4.2. Формування репродуктивного потенціалу самиць хрущів залежно від трофічної бази

Трофічна база	Вихідний біоматеріал самиці, екз.	Маса лялечок самиці, г	Фізіологічний моніторинг гонад самиць, %				Відродил ось личинок, %
			повна дисфункція	часткова дисфункція	нормальні морфологічні і фізіологічні структури гонад	реальна плодючість самиць, екз.	
Листя дуба черешчатого	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
Береза повисла	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

Наші дослідження мали на меті детальне вивчення характеру яйцекладки самиць. Досліджували характер та ритміку яйцекладки самиць у часі та просторі. Була відпрацьована оригінальна методика досліджень. Для цього, імаго, після їх весняного відродження, згодовували листя трьох листвяних порід – дуба черешчатого, тополі та берези повислої. Крім того, передбачався варіант, де імаго хрущів, згодовували суцвіття сосни звичайної та ясена. Результати досліджень наведено у таблиці 4.3.

Наведені результати експериментально підтверджують закономірність, що стосується енергетичної цінності корму. Матеріали таблиці 4.3 досить чітко ілюструють репродуктивний потенціал самиць залежно від трофічного ресурсу. Дослідженням встановлено, що оптимальним харчовим раціоном для самиць хрущів є листя дуба черешчатого та яблуні. Досить добре розвиток статеві системи та оогенезу взагалі, спостерігається також внаслідок живлення самиць суцвіттями сосни звичайної. У той же час самиці хрущів зовсім не споживали листя ясена звичайного і гинули не відкладаючи яєць.

Фактично вперше детально досліджено характер яйцекладки самиць хрущів. Встановлено ритміку яйцекладки, притаманну для кожного виду.

Інтервал між прийомами яйцекладки становив 5 – 7 днів. Як видно із таблиці 4.3 у першому прийомі яйцекладки нараховується від 29,3 до 38,1% яєць із усього запасу. У той час як за другий прийом яйцекладки вони відкладали від 49,4 до 62,3% яєць. Тільки 8,4 та 14,2% яєць від усього запасу припадав на третій період.

Дослідженнями також встановлено, що рівень життєздатності яєць, а відтак ембріонів відрізняється і це залежить від періоду яйцекладки, а також від живильного раціону самців. Найбільш життєздатними були яйця та личинки хрущів, що відкладались у період другого прийому яйцекладки. Більше його, найбільший рівень загибелі яєць та личинок першого віку спостерігався у популяціях, що розвивались після першого прийому яйцекладки. Найвищий рівень смертності спостерігався в популяціях, що розвивалась після третього періоду яйцекладки самців.

Цю закономірність у певній мірі показують матеріали таблиці 4.3, де представлені біотопи, яким віддавали перевагу самиці в період вибору на яйцекладки. Освітлені задернілі ділянки – це оптимальні ніші, де гарантується збереження яєць з оптимальним планом відродження личинок.

Наведені результати – важлива інформація практичного характеру. Штучна руйнація оптимальних ніш для яйцекладки, знищення бур'янів, перш за все пирію, фактично єдиного трофічного ресурсу для личинок першого та другого віків. З іншого боку, штучне облаштування оптимальних осередків в межах розсадників, для масової яйцекладки самиць, з наступним їх знищенням механічним способом, або, як це показано у подальших дослідженнях, спрямоване внесення біологічних препаратів на основі хижих нематод та ентомопатогенних грибів.

4.3. Репродуктивний потенціал та характер яйцекладки самиць західного травневого хруща (лабораторно – польові дослідження 2015 – 2018 рр.)

Трофічна база	Вихідний біоматеріал, самиці, екз.	Плодючість самиць, екз.	Характер яйцекладки			Біотопи	Характеристика яйцекладки	
			перший прийом, %	другий прийом, %	наступні прийоми, %		яєць у кладці, екз.	глибина розташування у ґрунті, см
Листя дуба черешчатого	35	53,6	30,8	55,1	14,1	освітлені задернілі ділянки	17 – 24	16 – 32
Листя яблуні	32	49,4	38,1	49,4	12,5	лісосмуги по периметру кварталу	22 – 33	14 – 27
Листя берези повислої	30	38,7	34,2	51,6	14,2	задернілі затінені осередки	19 – 23	15 – 18
Суцвіття сосни	30	47,3	29,3	62,3	8,4	осередки різнотрав'я, освітлені	12 – 23	15 – 21
НІР ₀₅	-	3,6	3,8	4,2	2,1	-	-	-

4.2.2. Характеристика яйцекладок

Матеріали таблиці 4.4 ілюструють визначальні критерії процесу яйцекладки чотирьох видів хрущів. Наведені матеріали ілюструють три, виділені нами експериментально, періоди яйцекладки самиць.

Перший період яйцекладки – початок, триває в усіх чотирьох видів 5 – 7 днів. Самиці у цей період відкладають від 17,8 до 29,4 % яєць із усього запасу. Їх життєздатність незначна і понад 45% їх гине. Фізіологічно повноцінні яйця самиці відкладають в період масової яйцекладки, котра триває 12 – 14 днів. Третій період яйцекладки, який триває 4 – 7 днів, самиці відкладають значну кількість фізіологічно неповноцінних яєць. Отже, найбільшу загрозу насадженням представляють личинки, котрі відродились з яєць відкладених у період масової яйцекладки. Таким чином, наведені матеріали, певною мірою є основою для часової локалізації застосування різних методів, що призводять до загибелі яєць.

4.4. Ритміка яйцекладки самиць хрущів

(Богуславський лісгосп, 2015 – 2018 рр.)

Види	Ритміка яйцекладки, період / тривалість, дні			Глибина відклада ння яєць у ґрунті, см	Абіотичні фактори	
	почато к льоту	масови й льот	кінець льоту		температур а 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

В цьому плані є цікавим також характер яйцекладок хрущів у просторовому розумінні (табл. 4.5), що має і практичну значущість. Так, яйцекладки всього комплексу хрущів мають розсіяний осередковий (чи купками) характер. Це, певною мірою, дозволяє прогнозувати високу ефективність біологічних засобів регулювання чисельності пластинчастовусих шкідників саме на стадії яйця, а також показує значну роль природних факторів регуляції, таких, як, наприклад, туруни та стафілініди. У свою чергу, це визначає доцільність розробку та застосування у системах захисту заходів, що працюють на біоценотичному рівні (приваблення хижих ентомофагів).

4.5. Репродуктивний потенціал пластинчастовусих фітофагів у розсадниках молодих культур сосни звичайної (Богуславський лісгосп, 2015-2018 рр.)

Пластинчастовусі фітофаги	Характер оогенезу самиць	Характер яйцекладки	Тривалість життя самиць, дні	Тривалість оогенезу, дні
<i>Melolontha hippocastani</i> F.	Циклічний	розсіяний, купками	22-32	17-27
<i>Melolontha melolontha</i> F.	Циклічний	купками	21-31	15-22
<i>Amphimallon solstitialis</i> L.	Циклічний	розсіяний, осередково	19-22	14-19
<i>Anoxia pilosa</i> F.	Лінійний	розсіяний, купками	18-20	15-17
<i>Polyphylla fullo</i> S.	Змішаний	тривалий, розсіяний	23-34	17- 28

Оцінка життєздатності яєць за рівнем відродження личинок західного травневого хруща (табл. 4.6), залежно від глибини розташування показало, що найбільшу життєздатність показують яйця відкладені у шарі до 30 см, але у підсумку, у поверхневому шарі (10 см) та шарі (31-40 см) яйця більш уразливі до впливу абіотичних та біотичних регуляторів – низька вологість ґрунту, хижаки, паразити та надмірне зволоження та ентомопатогени відповідно.

4.6. Характеристики життєздатності яєць західного травневого хруща (Богуславський лісгосп, 2016-2018 рр.)

Глибина ґрунту, см	Виявлено яєць		Рівень життєздатності та рівень відродження личинок %	Загинуло ембріонів, % від			
	екз	%		хижаків	паразитів	синоптичних аномалій	всього %
0-10	16	15,5	70,2	11,4	6,1	12,3	29,8
11-20	54	51,9	77,3	9,7	3,2	9,8	22,7
21-30	27	25,9	60,6	16,8	1,4	18,2	39,3
31-40	7	6,7	28,3	11,9	-	59,9	71,7
41-50	-	-	-	-	-	-	-
51-60	-	-	-	-	-	-	-

4.2.3. Розподіл личинок у ґрунті

Одним із питань технології, яке вирішувалося, було визначення глибини внесення препаратів, тому протягом 2016-2018 років нами протягом вегетаційного періоду проводилися розкопки з метою виявлення глибини найбільшої концентрації личинок (табл. 4.7).

4.7. Розподіл личинок пластинчастовусих за ґрунтовими профілями
(Богуславський лісгосп, 2016-2018 рр.)

Про- філь ґрунт у, см	Концентрація личинок, %																
	20.04	10.05	20.05	30.05	15.06	30.06	10.07	20.07	10.08	20.08	30.08	15.09	25.09	10.10	20.10	15. IX	5.X
1-10	–	–	3	6	19	79	42	50	4	24	30	32	1	–	–	–	–
11-20	–	–	5	18	57	19	51	31	26	16	22	26	3	6	2	1	–
21-30	6	8	16	16	19	2	7	19	42	20	16	17	21	6	3	3	5
31-40	11	4	31	41	5	–	–	–	22	11	19	16	31	28	5	7	11
41-50	21	17	34	16	–	–	–	–	6	17	8	9	18	37	36	44	29
51-60	19	42	11	3	–	–	–	–	–	9	5	–	17	21	42	31	31
61-75	24	29	–	–	–	–	–	–	3	–	–	–	6	2	12	14	16
76-90	16	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3	–	–	–	8
91-130	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
131-150	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
личин- нок на 5 роsl.	46	54	42	51	39	31	18	21	27	21	15	50	34	26	24	49	27

Розподіл личинок у ґрунті показує (у табл. 4.7 три найвищі значення поспіль виділені напівжирним шрифтом), що у травні (у квітні личинки ще знаходяться досить глибоко – 90% на 50-75 см глибині) 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 100%- во фітофаги знаходяться у поверхневих горизонтах;

на початку серпня за посушливої погоди личинки мігрують у глибину, у більш вологі шари ґрунту, тому вносити препарати доцільно дещо глибше на 20-40 см – їх концентрація становить до 88%, але наприкінці серпня та протягом всього 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 кількість личинок – до 85%, зосереджується на глибині зимівлі 50-75 см, тобто внесення препарату на цю глибину технологічно невиправдане.

4.2.4. Розподіл лялечок у ґрунті

Зважаючи на надзвичайно високий адаптивний потенціал хрущів, встановлення критеріїв життєздатності лялечок, їх реакцію до стресових факторів особливо актуально. У продовж чотирьох років проводили лабораторні та польові дослідження, із пошаровими розкопками ґрунту, вилученням та видовою ідентифікацією хрущів. За визначальними тестовими показниками оцінювали рівень життєздатності та причини загибелі лялечок.

Встановлено просторову структуру концентрації лялечок хруща у шарах ґрунту. Очевидно, що нерівномірність їх розподілу має певні досить важливі закономірності, перш за все екологічного та фізіологічного характеру.

Показано, що із всього загалу на глибині до 7 см концентрувалося тільки 11,8% популяції лялечок. Рівень їх загибелі на період весняної реактивації становить 65,2%. Причиною загибелі були хижаки 42,1%, а це переважно туруни а також ентомопатогени 16,7% переважно грибної етології – мускардині гриби. В свою чергу, серед мускардинозів домінував гриб білої мускардини – 79,7%. Зустрічались лялечки уражені зеленою та рожевою мускардиною – 13,8% та 6,5% відповідно. Отримані матеріали свідчать про доцільність у технології захисту розсадників агроценозів використовували біопрепарати на основі цих грибів. Синоптичні аномалії у цьому прошарку ґрунту стали причиною смертності 6,4% лялечок. Отже, частка життєздатних

популяцій становила тільки 34,8%, із яких самиці склали більш 32,4% (табл. 4.8).

Наступні прошарки ґрунту містили лялечок на глибині 8-15, 16-24 та 25-35 см. Тут концентрувались 80,6% лялечок від їх загалу. Рівень їх загибелі 14,3-15,4%. На частку хижаків припадало тільки 2,1–6,7%. Синоптичні аномалії стали причиною загибелі 0,8-2,8% лялечок. Саме в цьому прошарку ґрунту складаються найбільш сприятливі умови для загибелі лялечок. Хижі туруни та стафілініди практично не проникають на таку глибину, тим більше що ґрунт, де ростуть молоді культури не розпушуються. Крім того фізіологічно повноцінні популяції лялечок облаштовують для діапазування спецефічні печерки, стіни яких цементуються секретом. Це є перешкода, котру можуть зруйнувати тільки дорослі особини окремих видів хижих жуличей. Таким чином, життєздатна частина популяцій хрущів становить 84,6 – 85,7%, яка і є реальною загрозою насадженням.

З наведеного видно, що синоптичні аномалії відіграють порівняно незначну регуляторну роль у регулюванні динаміки чисельності хрущів. Більш суттєвою є діяльність хижаків-ентомофагів та збудників хвороб у взаємодії їх із яйцекладками та личинками різних видів хрущів. Грибні патогени мають подвійну дію по відношенню до личинок хрущів контактну та кишкову. Це і формує високий рівень їх ефективності відносно личинок. Щодо лялечок, внаслідок їх неактивності, навпаки, роль ентомофагів і хижаків є зовсім незначною.

4.8. Пошаровий розподіл діапазуючих лялечок східного травневого хруща у профілі ґрунту (Богуславський лісгосп, 2014 – 2017 рр.)

Структура розподілу лялечок у ґрунті, см.	Виявлено личинок хруща восени		Фізіологічний моніторинг популяцій лялечок в період весняної реактивації, %				Частина життєздатної популяції, %
	екз/м ²	%	загин уло всього	ентомопатогени	хижаки	синоптичні аномалії	
0-7	23	11,8	65,2	16,7	42,1	6,4	34,8
8-15	63	32,1	15,4	7,9	6,7	0,8	84,6
16-24	39	20,0	14,3	8,8	2,7	2,8	85,7
25-35	56	28,5	15,1	10,2	2,1	2,8	84,9
36-45	23	6,6	38,3	13,8	-	24,5	61,7
≥46	2	1,0	-	-	-	-	-
Усього:	196	100,0	-	-	-	-	-

Наведені матеріали свідчать про адаптивні властивості популяції хрущів. Детальний аналіз специфіки та характеру діапазування лялечок, свідчить про відсутність очевидних критичних періодів їх розвитку.

Отже, на стадії лялечок не доцільно використовувати прийоми як винищувального так і регуляторного характеру. Актуальними є традиційні прийоми агротехнічного та лісівничого характеру: оранка та розпушування ґрунту у розсадниках та молодих культурах сосни. Умовно ефективними є прийоми, що передбачають використання ентомофагів.

4.3. Результати випробовування біологічних засобів регулювання чисельності

В процесі досліджень популяції комплексу хрущів оцінювались за показниками життєздатності, загальний рівень якої виявився досить низьким для більшості фітофагів, лише для східного та західного травневого хрущів становив 11-12%. Аналіз причин цієї тенденції показав високу загибель пластинчастовусих від ентомопатогенних збудників та ентомофагів (для *М.*

melolontha до 30% у 2016 році). При чому загибель від хвороб для травневих західного та східного хрущів становила 70-80% (табл. 4.9), для червневого, волохатого та мармурового на рівні 50%. Такий вплив природного інфекційного фону на популяції ґрунтових фітофагів свідчить про доцільність введення в сучасні технології захисту лісових насаджень саме біопрепаратів. Однак різноманітність чинників, що впливають на ефективність біологічних агентів, обумовлюють необхідність їх випробовування та порівняння ефективності у лісових екосистемах за різних синоптичних умов, що і передбачалося програмою наших лабораторних і польових досліджень.

Досліджували вплив грибних ентомопатогенів на личинок 3-го віку західного травневого хруща у лабораторних умовах за температури 16–22°C. Дані таблиці 4.10 підсумовують результати проведених досліджень і свідчать про виражену ентомоцидну дію препаратів Боверин (на основі *Beauveria bassiana*) та Метаризин (на основі *Metarrhizium anisopliae*) відносно личинок пластинчатовусих. Спостерігається чітка залежність рівня смертності останніх від інфекційного навантаження – кількості спор у робочій суспензії, а також від тривалості терміну після їх інфікування. При цьому дія Метаризину у порівнянні з Боверином більш виражена. Загальна смертність личинок на 30-й день досліджень після обробки їх Боверином в концентрації від 0,9 до 900,0 млн./мл становила 32,2 – 84,7 %.

4.9. Характеристики життєздатності популяцій хрущів в розсаднику сосни звичайної (Богуславський лісгосп, 2016-2017 рр.)

Грунтові Фітофаги	Виявлено личинок особ./ 10 рослин	%	Рівень житєздатності, %			Синоп- тичні аном.	Житєздатність	Роки
			заги- нуло	у.т.ч.				
				хво- роби	енто- мофа- ги			
<i>Melolontha melolontha</i>	38,9	65,7	28,6	24,5	4,1	4,6	10,9	2016
	23,2	48,5	10,5	8,0	3,5	2,0	13,3	2017
<i>Melolontha hippocastani</i>	18,8	12,8	11,2	8,2	5,2	3,8	17,0	2016
	27,2	24,0	18,3	10,3	2,5	3,5	5,9	2017
<i>Polyphylla fullo</i>	10,0	12,2	7,2	3,8	1,4	1,0	5,0	2016
	11,7	15,0	8,2	3,0	2,2	0,0	4,9	2017
<i>Amphimallon solstitiale</i>	10,8	6,6	5,0	2,0	1,0	0,0	2,8	2016
	6,2	7,3	3,0	2,0	1,0	1,0	2,0	2017
<i>Anoxia pilosa</i>	4,1	3,1	2,0	1,1	2,0	1,1	2,0	2016
	3,2	1,0	2,0	2,2	3,0	0,0	1,0	2017

Аналогічні показники для Метаризину становлять 38,2 – 87,8%. Така ж тенденція була також і за показниками СК₅₀ та СК₉₀. Таким чином, результати свідчать про виражену ентомоцидну дію обох препаратів по відношенню до личинок хрущів – відмінності у їх ефективності знаходяться в одному інтервалі 30-90%. Це дає чітку перспективу використання цих препаратів і в польових умовах. На нашу думку не потрібно прагнути досягти якомога більшої смертності личинок, як це спостерігається при використанні хімічних інсектицидів, а обмежитися певним рівнем ефективності, відносно порогового показника чисельності пластинчастовусих фітофагів для розсадників та молодих культур.

4.10. Порівняльна дія ентомопатогенних грибних препаратів на личинок 3-го віку західного травневого хруща (лабораторні дослідження, 2016 р.)

Вміст спор у робочій суспензії, млн./мл	Смертність личинок оброблених, %			
	Боверином		Метаризинном	
	на 15-й день	на 30-й день	на 15-й день	на 30-й день
0,9	11,4±2,2	32,2±2,9	19,2±4,1	38,2±3,4
9,0	19,8±2,7	53,9±3,7	24,5±3,1	60,9±2,7
90,0	53,2±3,1	67,3±4,2	61,7±4,3	69,7±5,1
900,0	63,1±2,8	84,7±3,2	68,3±3,2	87,8±4,3
СК ₅₀ млн./мл	54,8÷63,9	1,12÷1,36	332÷386	7,13÷7,56
СК ₉₀ млн./мл	3824÷3984	286÷297	3612÷3702	1626÷1716

Ефективність дії на личинок грибу метаризіуму залежно від температури мала чітку тенденції до збільшення із зростанням останньої (табл. 4.11), що підтверджується багаторічними лабораторними дослідженнями на східному, західному травневих та мармуровому хрущах. Причому цей ефект не залежав від віку личинок – якщо за температури 7 °C LT50 знаходилася в інтервалі 12,8-18,2 доби, то за 27 – в інтервалі 1,2-4,7 доби.

4.11. Рівень смертності личинок пластинчастовусих фітофагів, інфікованих *Metarrhizium anisoplia* залежно від температури (лабораторні досліди Українська лабораторія якості безпеки продукції АПК, 2016-2019 рр.)

Види	Стадія розвитку фітофагів	LT50 (дні) – температури °C				
		7	12	17	22	27
<i>Melolontha melolontha</i> L.	L1	12,8	10,1	7,2	3,1	1,2
	L2	14,6	12,5	9,7	5,4	3,6
	L3	16,2	15,1	10,6	5,2	3,5
<i>M.hippocastani</i> F.	L2	15,1	10,9	8,4	4,6	3,1
	L3	16,4	12,8	7,5	4,3	2,8
<i>Polyphylla fullo</i> L.	L2	16,5	14,8	10,7	6,5	4,7
	L3	18,2	15,1	10,5	6,2	4,1
	L3	16,2	10,5	9,4	6,8	4,1

Загалом, нами спостерігався неоднозначний розподіл впливів боверії на преімагінальні стадії західного травневого хруща. Найбільший вплив зафіксовано на 5-10 добу для яєць та личинок другого-третього віку. Максимальний же вплив на личинок першого віку був зміщений у часі і спостерігався на 15-20 добу (табл. 4.12).

4.12. Характер ентомоцидної дії боверину на різні стадії західного травневого хруща (лабораторні дослідження, 2016 р.)

Стадії розвитку	Кількість біоматеріалу, екз.	ST 50, дні				
		5	10	15	20	22
Яйцекладки	64	13,4	10,7	8,3	7,1	7,4
Личинки 1-го віку	52	3,4	4,0	4,2	3,1	2,4
Личинки 2-го віку	46	15,4	13,1	10,9	8,7	6,5
Личинки 3-го віку	43	17,3	14,4	11,8	9,1	7,2

Наступним етапом було проведення дослідів з оцінки ефективності біологічних препаратів у порівнянні до хімічного інсектициду на основі тіаметаксаму (Актара) у польових умовах. Багаторічні дослідження щодо рівня життєздатності та відсотку загибелі яєць від біологічних регуляторів чисельності популяції західного травневого хруща (табл. 4.9-4.10) показують перспективи використання біологічних агентів, частка яких у зменшенні їх чисельності становить 10-20%. Одночасно відмічалась і максимальна концентрація яєць (на рівні 50%) у поверхневих шарах ґрунту (до 15 см), що обумовило вибір способу обробки – обприскування поверхні ґрунту.

Отже, оцінювали вплив препаратів (обробка поверхні ґрунту) на самиць західного травневого хруща під час яйцекладки в кінці травня – на початку червня (температурні показники з 25 травня по 28 червня були в межах 22–25°C без істотних опадів). Після обробки препаратами за допомогою

прожектора вночі виловлювали самиць і на наступній день розкладали самиць на оброблену ділянку по 3 особини на 1 м^2 на площі 25 м^2 та фіксували їхню рухливість під час яйцекладки. Обліки проводили в чотири етапи з інтервалом 15 діб.

Результати дослідів представлено у на рис. 4.2. Потрібно відмітити, що початкова ефективність Боверину (рис. 4.3) та Метаризину (25.05) була на рівні 90% - Боверин – 92 і Метаризин – 95%, що дещо поступається Актарі – 97%, але протягом наступного місяця (останній облік 09.07), за загальної тенденції зниження, залишкова ефективність Боверину (32%) та Метаризину (45%) істотно переважала 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. Їх ефективність співпадає на різних рівнях приблизно на 7-му (А – рівень 90%) та 37-му (Б – рівень 50%) добу після початку дослідів. Період між двома цими точками і далі точки Б є зоною комплементарної дії препаратів.

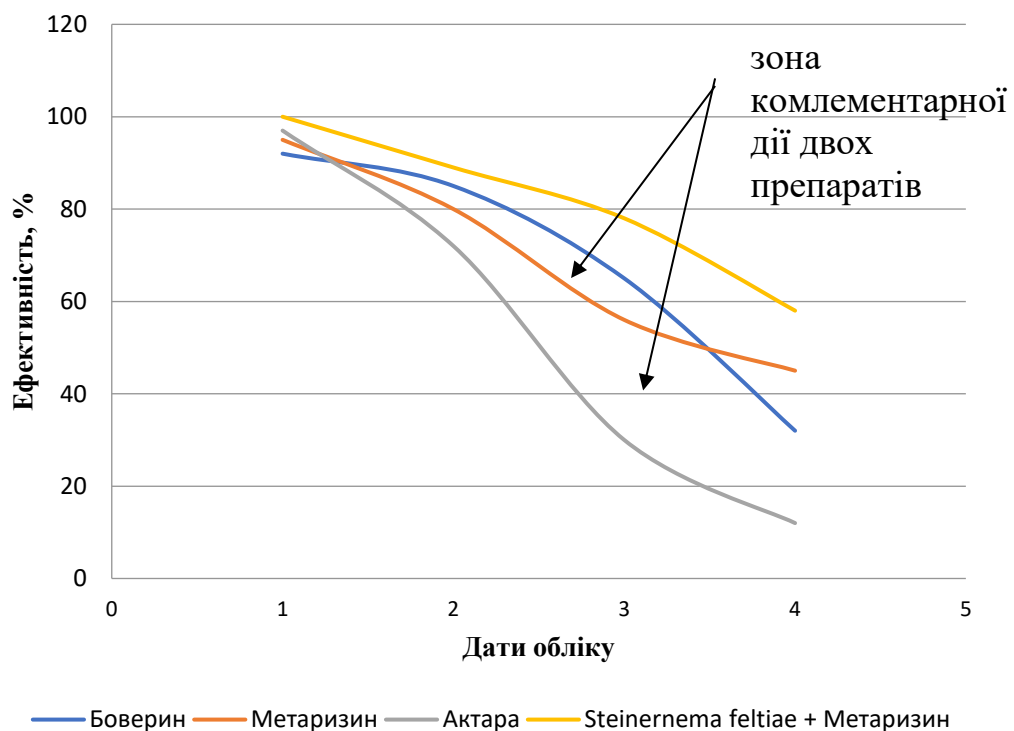


Рис. 4.2. Ефективність біопрепаратів при обробці поверхні ґрунту у розсаднику сосни звичайної під час льоту та яйцекладки самиць західного травневого хруща (Богуславський лісгосп, 2017)
дати обліків: 1 – 25.05; 2 – 09.06; 3 – 24.06; 4 – 09.07

Інша, більш широка, зона комплементарності спостерігається відносно тіаметоксаму та нематодно-грибної композиції. Важливо відмітити тенденцію формування комплементарних пар – вони групуються відносно початкової ефективності. Це свідчить про доцільність одночасного застосування двох і більше препаратів, які за своєю ефективністю будуть доповнювати один одного.



Рис. 4.3. Імаго західного травневого хруща, уражене *Beauveria bassiana*

У більш розширеному варіанті порівняльне дослідження Боверину та Метаризину при внесенні у ґрунт проводилося у польових умовах протягом 2016-2017 років (табл. 4.13).

4.13. Порівняльна оцінка біологічних препаратів Боверин та Метаризин при внесенні у ґрунт (Богуславський лісгосп, 2016-2017 рр.)

Біологічний агент	Початкова к-ть рослин на 100м ²		Облік через дів	Початкова щільність Личинок екз/100м ²		Кіль-ть уражених личинок на 10 рослин особ /100м ²		Ступінь пошкодження коренів %		Кіль-ть рослин, що загинули, на 10м ²		Кіль-ть збереж. рослин на 100м ²		Приріст пагонів за вегетацію, см.		Ефективність, %	
				2016 – 2017 рр.													
5,0%-ний <i>Metarrhizium anisopliae</i>	16	17		‘16	‘17	‘16	‘17	‘16	‘17	‘16	‘17	‘16	‘17	‘16	‘17	‘16	‘17
	45	27	15	48	23	15,6	12,3	12,6	8,6	3,0	1,0	30	24	12,5	14,6	25,5	35,1
			25			18,3	6,1	8,5	4,2	1,0	1,0	28	23	14,8	17,2	38,2	42,0
			50			10,5	4,8	2,5	3,5	1,0	0,1	27	23	17,3	19,4	45,3	68,8
			Конт							12	2,0	32	24	6,2	8,4	10,2	12,2
<i>Beauveria bassiana</i> 5,0%-ний	53	32	15	25	15	10,6	13,3	12,6	8,0	1,0	1,0	40	29	10,5	17,6	28,5	54,1
			25			5,3	17,1	8,5	4,2	1,0	1,0	40	29	12,8	19,2	42,2	68,0
			50			5,5	23,8	2,5	3,5	1,0	0,1	40	29	14,3	21,4	43,3	81,8
			Конт							12	2,0	41	30	6,2	8,4	12,2	88,2

За досліджуваними характеристиками спостерігалась така тенденція:

- за кількістю уражених личинок Метаризин переважав Боверин на 15-ту та 25-ту добу після обробки, Боверин же був ефективніший на 50-ту добу;
- за кількістю збережених рослин та за приростом пагонів протягом вегетації варіант із застосуванням Боверину показав кращі результати

21,4 см на 50-ту добу після застосування (для Метаризину максимальне значення приросту на цей же термін 19,4 см, а у контролі 8,4 см).

Результати щодо ефективності препаратів предствлені на рис. 4.4.

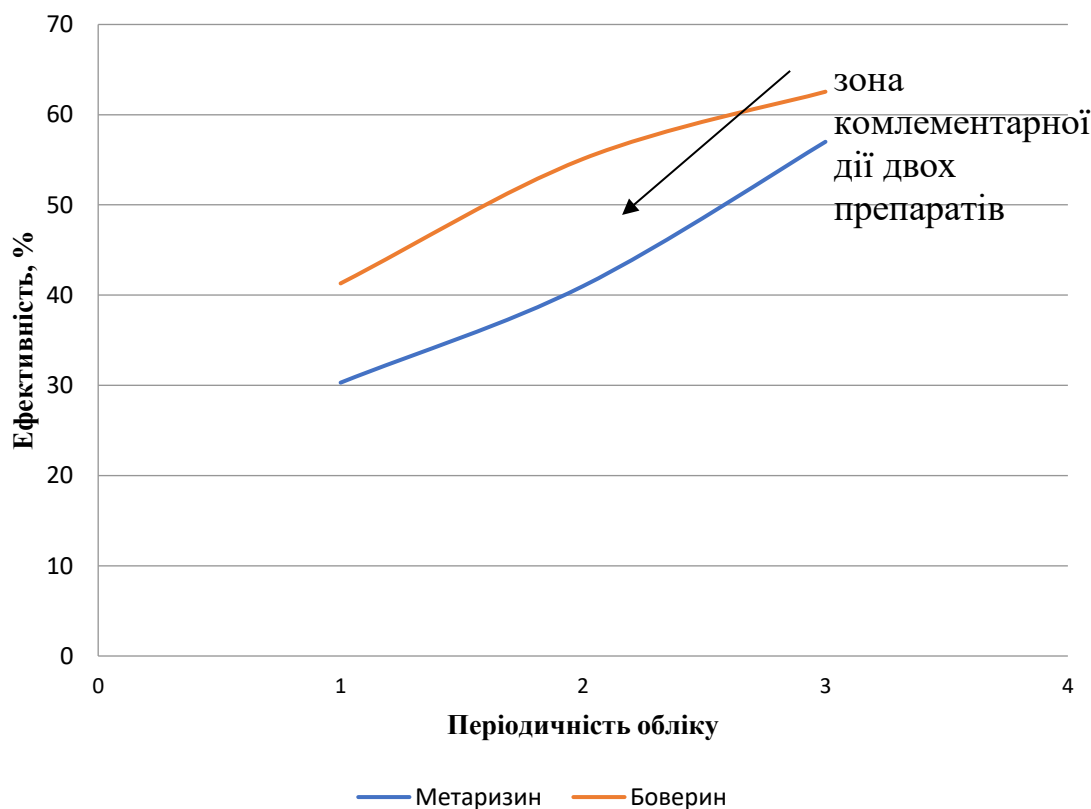


Рис. 4.4. Ефективність біопрепаратів при внесенні у ґрунт у розсаднику сосни звичайної відносно комплексу личинок пластинчастовусих (Богуславський лісгосп, 2016 –2017 рр.)
облік через: 1 – 15 діб; 2 – 25 діб; 3 – 50 діб

Багаторічний дослід показав зміну тенденції – замість зменшення ефективності протягом часу, навпаки зростання її. Це пов'язано із особливостями погодних умов, особливо режиму вологості ґрунту, і способом внесення препаратів – при обробці поверхні ґрунту біоагенти досить швидко втрачають активність, а при внесенні у ґрунт – навпаки, у сприятливих умовах, збільшують рівень інфекційного фону. Але основна тенденція залишилася незмінною – комлементарна дія препаратів. Тож, стійкість прояву цього

ефекту у різних умовах дає підстави до використання його для оптимізації технологій захисту, побудованих на засадах біометоду.

Для порівняння, застосування тіаметоксаму протягом вегетаційного періоду у розсаднику сосни звичайної відносно зниження чисельності імаго та личинок хрущів у відсотках до початкової (Богуславський лісгосп, 2017 р.) дало наступні результати (рис. 4.5).

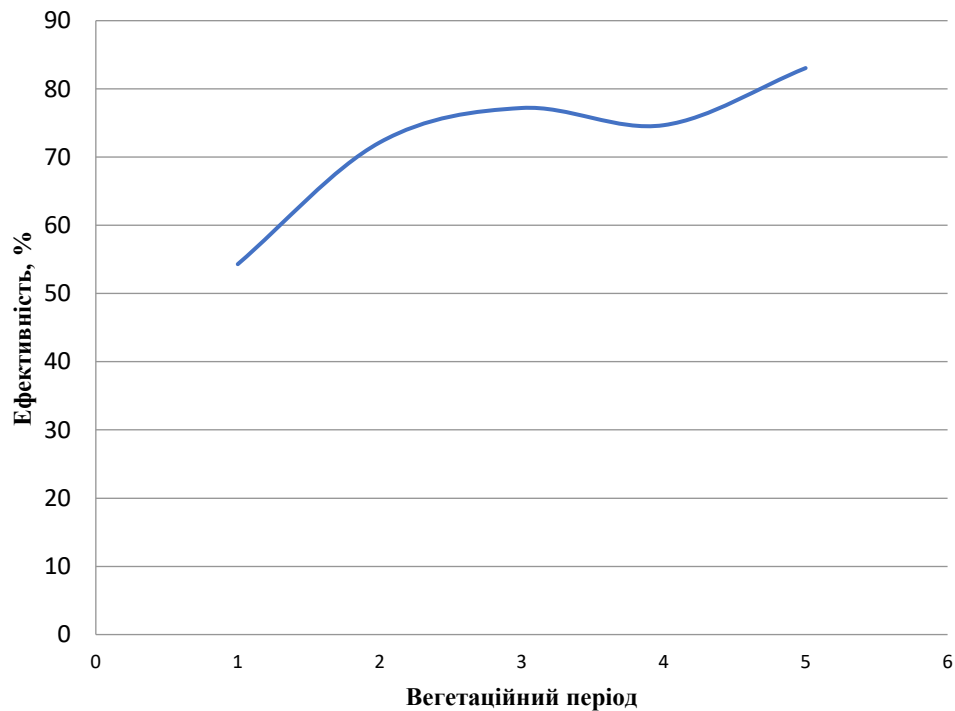


Рис. 4.5. Ефективність тіаметаксаму у зниженні чисельності комплексу хрущів (личинки та імаго) у розсаднику сосни звичайної (Богуславський лісгосп, 2017 р.)

1 – квітень; 2 – травень; 3 – червень; 4 – липень; 5 – серпень

Як бачимо, найвища ефективність спостерігається в період масового льоту у травні – червні, а зниження чисельності личинок хрущів у серпні – наслідок ефективної роботи препарату відносно імаго у весняний період.

У підсумку, результати польових досліджень Метаризину дозволили визначити технологічні параметри його використання відносно личинок східного травневого та мармурового хрущів (табл. 4.14-4.15).

4. 14. Технологічні параметри застосування Метаризину для контролю чисельності східного травневого хруща в насадженнях сосни звичайної (польові дослідження Київської обл. Богуславський р-н 2017-2019 рр.)

Вік личинок	LK50 (млр.спор/мл, як функція смертності фітофага)		Параметри витрати спор гриба <i>M.anisoplia</i> .млрд/м ²		
	на поверхні ґрунту, на глибині до 12-15см	загальний рівень смертності	для захисту насадження, кг/га	витрати препарату, кг/га	для зменшення ефективної частини популяції
Перший	0,019	0,011	1,02	0,950	0,45
Другий	0,076	0,016	2,46	3,363	0,32
Третій	0,153	0,036	5,64	7,650	1,15

4.15. Технологічні параметри застосування Метаризину для контролю чисельності мармурового хруща в насадженнях сосни звичайної (польові дослідження Київської обл. Богуславський р-н 2017-2019 рр.)

Вік личинок	LK50 (млр.спор/мл, як функція смертності фітофага)		Параметри витрати спор гриба <i>M.anasoplia</i> , млрд/м ²		
	на поверхні ґрунту, на глибині до 12-15см	загальний рівень смертності	для захисту насадження, кг/га	витрати препарату, кг/га	для зниження ефективної частини популяції
Перший	0,027	0,024	1,12	1,325	0,54
Другий	0,097	0,038	2,74	4,296	0,57
Третій	0,218	0,062	6,52	10,9	1,38

У польових же умовах проводилася технологічна оцінка дії боверину на преімагінальні стадії західного травневого хруща (табл. 4.16). Досить показовою виявилася визначена частка популяції, що закінчила розвиток: для яєць вона становила 36,7%, личинок 1-го віку – 24,9%, 2-го – 40,8 і 3-го – 54,7%. Таким чином, найбільш стійкими виявилися яйця та личинки старших віків, що дозволяє визначити личинок 1-го віку як основний цільовий об’єкт при застосуванні препаратів на основі боверії. Звичайно, цей ефект може змінюватися залежно від концентрації та препаративної форми.

4.16. Технологічна оцінка дії боверину на різні стадії розвитку західного травневого хруща (Богуславський лісгосп, 2016 р.)

Стадії Розвитку	Особин у дослідах екз.	SK50		Частка популяцій що закінчила розвиток, %
		% по препарату	термін визначення, дні	
Яйцекладки	57	0,375	7	36,7
Личинки 1-го віку	54	0,098	8	24,9
Личинки 2-го віку	50	0,135	12	40,8
Личинки 3-го віку	45	0,244	12	54,7

Протягом 2016-2018 років були отримані дані і щодо смертності протягом вегетаційного періоду різних стадій (личинки, лялечки, імаго) західного травневого хруща залежно від концентрації конідій *Beauveria bassiana* та періоду їх внесення (табл. 4.17, рис. 4.6). Всі варіанти показали тенденцію нарощування ефективності протягом сезону, але ті з них, що мали більш високу концентрацію інфекційного матеріалу 20 x 10 та 50 x 10 наприкінці вегетації показали результати смертності на рівні 30 і 50% відповідно.

4.17. Рівень смертності личинок лялечок та імаго західного травневого хруща в залежності від терміну внесення препарату

Період	Доза, конідій / м ²			
	контроль	20х10 (березень)	50х10 (квітень)	80х10 (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

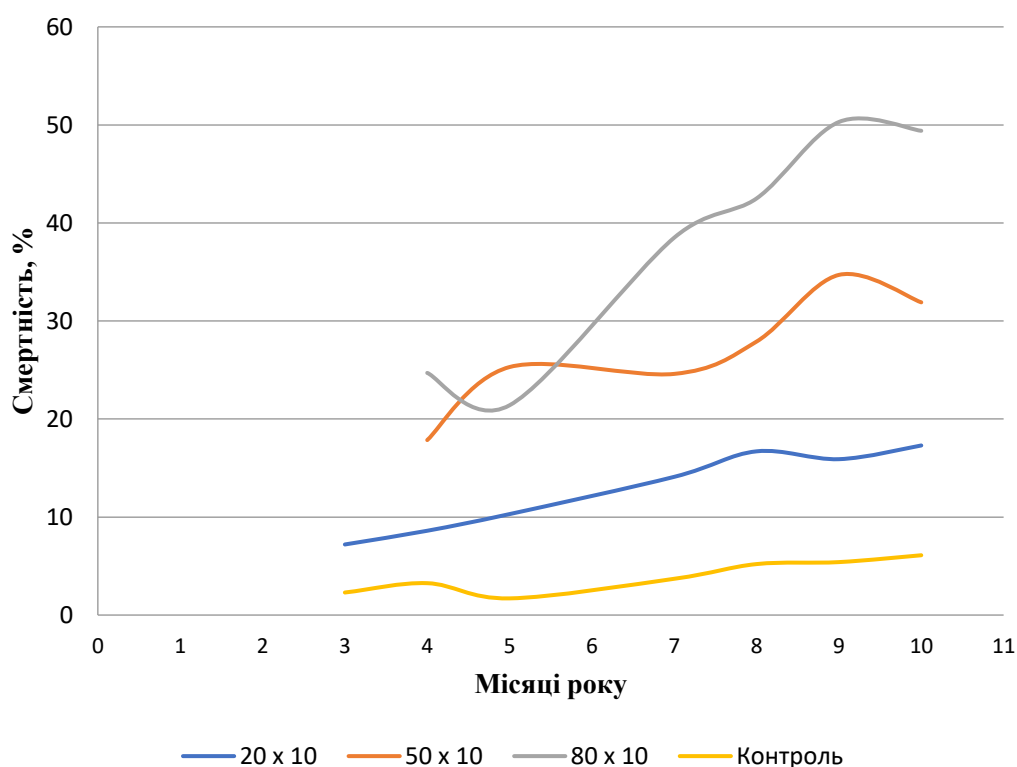


Рис. 4.6. Рівні смертності личинок, лялечок та імаго західного травневого хруща залежно від інфекційного навантаження *Beauveria bassiana* (Богуславський лісгосп, 2016-2018 рр.)

Проведені нами технологічні дослідження, дозволили обґрунтувати оригінальну методику, стосовно визначення норм витрат боверину для захисту лісових насаджень у розсадниках від личинок хрущів. Результати дослідження наведено у табл. 4.18. Як видно з наведених матеріалів для досягнення позитивного результату відносно личинок другого-третього року для захисту розсадників необхідно використовувати до 2,27 млрд. спор гриба *Beauveria bossiana*. Цей показник відповідає 3598 г/га боверина. Титр препарату становить при цьому 6 млрд. спор/г, у цей же час, при використанні боверину для зниження чисельності та шкідливості личинок четвертого року (останнього віку), витрати препарату необхідно збільшити до 5,24 млрд. спор. У випадку ж, коли метою є зниження ефективної частини популяції фітофагів витрати спор значно менші – 0,12 млрд. спор для личинок другого року (у 15 раз менше ніж для попереднього рівня захисту), 0,31 – для третього року (у 7 разів менше) та 2,16 млрд. спор для четвертого року (майже у 2,5 рази менше ніж для ефективного рівня захисту розсадників).

4.18. Технологічна оцінка витрат спор боверії для контролю різного рівня личинок західного травневого хруща (Богуславський лісгосп, 2016 р.)

Личинки року	СК 90 (млрд. спор/мл), встановлена за показниками смертності хрущів		Витрата спор боверії, млрд/м ²	
	на глибині 3-4см	загальна смертність усього профілю	для захисту розсадників	для зниження ефективної частини популяції
Другого	0,086	0,017	1,86	0,12
Третього	0,103	0,022	2,27	0,31
Четвертого	0,112	0,012	5, 24	2,16

Цікаві результати були отримані щодо ефективності композиції на основі ентомопатогенної нематоди *Steinernema feltiae* та Метаризину У весняно-літній період, на початку масової яйцекладки хрущів проводили одноразове внесення на поверхню ґрунту композиції у складі водної суспензії ентомопатогенної нематоди виду *Steinernema feltiae* (хижі нематоди активно відшуковують та атакують личинок молодших віків, після чого останні різко скорочують рухову та трофічну діяльність і гинуть через 3 – 4 доби) та 5,0%-ного водного розчину препарату Метаризин с.п. (титр спор *Metarrhizium anisopliae* становить не менше 8 млрд. у 1 г препарату), токсична дія якого відносно личинок носить подвійний характер: контактний та кишковий. У останньому випадку гриб потрапляє у кишковик, що стає наслідком отруєння гусениць. Інтенсивне конідіальне спороношення гриба, призводить до септицемії, яка завершується загибеллю фітофагів. За дуже високої початкової ефективності (майже 100%) цей варіант і наприкінці досліду показав ефективність на рівні 58%. Взагалі, подібна прологнованість дії біопрепаратів у поєднанні із оптимізованою технологією поетапного насичення екосистеми біологічними агентами може дати істотну перевагу у порівнянні із застосуванням хімічних препаратів і у перспективі дозволить взагалі відмовитися від них.

У 2016-2018 роках проводили дослідження із порівняння елементів технології захисту розсадників сосни звичайної – відомих: 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%-ний *Metarrhizium anisopliae* від комплексу хрущів: травневого східного лісового, травневого західного, червневого, волохатого та мармурового. Початкова чисельність ґрунтоживучих фітофагів становила 23,7 – 29,1 особин на одне дерево сосни звичайної 2-річного віку.

Контрольний варіант передбачав не менше 10-ти облікових дерев, де не використовували будь-які прийоми захисту. Для оцінки ефективності

способів, відбирали найбільш інформативні тестові характеристики. Результати досліджень наведено у таблиці 4.19.

4.19. Порівняльна оцінка ефективності технологій з контролю чисельності ґрунтоживучих фітофагів молодих культур сосни звичайної (Богуславський лісгосп, 2016-2018 рр.)

Технологія регулювання чисельності	Початкова чисельність фітофагів, особ./рос.	Інтенсивність інвазування, личинок нематоди у одній личинці хруща, особ.	Загинуло рослин, %	Ефективність, %
<i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн. + 5,0%-ний <i>Metarrhizium anisopliae</i> Metsch	23,7	6,8-7,7	3,2	84,3
Глутамінова кислота + живильний концентрат лізин	26,3	0,7-1,2	8,9	69,8
Актара, в.г., 15 мл на 10 л. води	29,1	не оцінюється	4,1	82,7
Контроль	25,6	не оцінюється	39,4	-
НіР ₀₅	-	-	0,9	4,7

Оригінальна технологія повністю зберігала усі насадження сосни звичайної. Підсумкова ефективність способу становила 84,3%, проти 69,8% із застосуванням глутамінової кислоти та лізину. За усіма тестовими показниками, запропонований спосіб перевищував інші технології: якщо початкова чисельність фітофагів у варіанті, де використовували композицію

ентомопатогенних нематоди і гриба метарізіуму становила 23,7 особин на рослину, то у кінці вегетації діапаузувало тільки 3,6 особин на одне дерево.

4.4. Результати випробовування хімічних засобів регулювання чисельності

До Державного переліку занесено незначну кількість препаратів, котрі використовують у лісових та лісостепових насадженнях. Ще менше їх пропонується для захисту саджанців та молодих культур хвойних взагалі, сосни зокрема. Усього, станом на липень 2019 р. тільки п'ять інсектицидних препаратів дозволено використовувати для захисту лісостанів. Серед яких тільки Золон та Фастак можуть бути застосовані для регулювання чисельності хрущів (імаго) – пропонується використовувати 0,01% робочий розчин.

Пропонується також технологія витримування кореневої системи сіянців сосни у водному розчині препарату Актара 25 в.г., з розрахунку 150 г на 5 л води. Не вирішує проблему захисту саджанців та молодих культур шляхом ін'єкція водного розчину препарату Актара 25 у стволі дерев. Саме тому, було проведено серію досліджень, де вивчалась доцільність використання відомого препарату Антихрущ Люкс, для захисту сіянців від личинок хрущів.

Було передбачено три варіанти, кожен із яких складався із трьох повторностей по 20 рослин. Перший варіант, ділянка з сіянцями, де використовували препарат Антихрущ Люкс к.с., з нормою витрати 1,0 л/га. Витрата робочої рідини становила 350 л/га. Другий варіант – ділянка сіянців, де використовували відомий занесений до державного реєстру препарат Актара 25 в.г., з нормою витрати 5,0 кг/га. Третій варіант, для захисту від хрущів використовували препарат з групи піретроїдів Фастак, к.е. з витратою 0,1 л/га. Контрольний варіант – 30 рослин де не проводили будь-які прийоми захисту від хрущів. Для оцінки рівня ефективності, використовували найбільш інформативні та об'єктивні текстові показники.

По-перше усі досліді проводили на моніторинговій основі, шляхом проведення ґрунтових розкопок, з обліком чисельності личинок хрущів, з розрахунку на 3 м² площу розсадника. Таким чином, дослідження здійснювалися за достатньою високого рівня чисельності личинок хрущів, у період весняної реактивації. За врахування тривалості інсектицидної дії препаратів, упродовж вегетації проводили 4 прийоми моніторингу личинок. Перший, до початку досліджень, наступні з інтервалом 15 діб.

Крім показників господарського характеру, враховували також динаміку чисельності домінуючих видів хижаків – турунів та стафілінід, чий онтогенез пов'язаний з ґрунтом. Результати досліджень наведено у таблиці 4.20, матеріали якої підсумовують результати трирічних досліджень захисту сіянців сосни звичайної від личинок хрущів. Встановлено, що використання препарату Антихрущ Люкс, у складі якого три діючі речовини, за усіма тестовими показниками забезпечує ефективний захист сосни у критичний період їх розвитку. Показано, що уже на 15-й день після поливу ґрунту робочим розчином препарату загинуло 70,3% личинок хрущів. Аналогічні показники внаслідок використання препаратів Актара та Фастак була 63,2% та 57,4% відповідно.

Показники господарської ефективності показують, що підсумкова ефективність використання препарату Антихрущ Люкс становила 91,3%, практично на рівні використання Актари – 91,8%, та із значним перевищенням ефективності використання препарату Фастак – 74,2%.

4.20. Результати виробничих досліджень використання препарату

Антихрущ Люкс для захисту сіянців та молодих культур сосни звичайної від личинок пластинчастовусих фітофагів

(Богуславський лісгосп, 2016 – 2018 рр.)

Дослідні варіанти	Норма витрати л, кг/га	Обліковано рослин, екз.	Динаміка чисельності личинок, особ./3 м ²				Пошкодження коренів, %	Загибло рослин, екз.	Ефективність захисту, %
			до початку дослід у	на 15-й день	на 30-й день	на 45-й день			
Антихрущ Люкс к.с. (імідаклоприд, 100 г/л, біфентрин, 100 ш/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 (препарат порівняння)	5,0	60	11,6	4,3	1,9	0,8	3,9	3,8	91,8
Фастак к.е. альфа-циперметрин (препарат 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

У даному технологічному режимі досліджували рівень чисельності та ступінь домінування хижаків – турунів та стафінід, у насадженнях молодих культур сосни звичайної. Для цього за відомими методами, ручного збору імаго та личинок, а також експонування ґрунтових пасток Барбера, відбирали у якості проб личинок та імаго цих хижаків з кожного із трьох варіантів та контролю. Дослідження проводили упродовж вегетаційного періоду. Матеріали таблиці 4.21 ілюструють динаміку чисельності хижаків.

Встановлено, що у структурі ґрунтової мезофауни домінували хижі туруни – 8 видів та стафілініди – 4 види. Результати свідчать про те, що

початкова чисельність хижаків була приблизно однаковою, що дає змогу практично повністю оцінювати фактор інсектицидної дії препаратів по відношенню до личинок та імаго хижаків. Як видно, зразу після внесення препаратів, спостерігалась певна негативна їх дія по відношенню до хижаків. Найбільш виражену згубну дію проявив Фастак, де на 15-й день обліку загинуло майже 40% хижаків. Значно меншу згубну дію проявили препарати Актара та Антихрущ Люкс. Фактично, на 30-й день досліджень повністю відновилась чисельність хижаків у варіантах, де використовували препарати Антихрущ Люкс та Актару.

Як показали подальші спостереження фактично повністю відновилась чисельність хижаків всередині літа, з характерним поступовим наростанням їх чисельності.

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.

4.21. Показники динаміки чисельності хижаків в насадженнях молодих культур сосни звичайної за використання препарату Антихрущ Люкс (Богуславський лісгосп, 2016 – 2018 рр.)

Варіанти	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-й день	на 30-й день	на 45-й 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

Було досліджено оригінальну технологію: весною, на початку рухової та трофічної активності личинок хрущів, проводили один прийом кореневого поливу дерев водним розчином препарату Антихрущ к. с. (1,0 л/га). Робочим розчином обробляли ділянки ґрунту приштамбових кіл, діаметром 40-50 см. Важливим є те, що по периметру розсадника, смугою, шириною 20-25 см, та у кожне третє міжряддя розсадника у три прийоми, з інтервалом 6-7 днів, висівали трав'янисті нектароноси (шавлію лікарську та шавлію мускатну, кіпрей вузьколистий та дудник лікарський) у рівній пропорції, а у міжряддях розсадників - чистець лісовий, вероніку дібровну та медунку лікарську. На початку літа проводили один прийом кореневого поливу дерев, з використанням водної суспензії композиції у складі ентомопатогенної нематоди *Steinernema feltiae* з розрахунку 3,0 млрд личинок у 1 мл розчину та 5,0 %-ного водного розчину біологічного препарату Метаризин с. п. (титр 5 млрд спор/г). Суть запропонованого способу полягає у тому, що прийоми винищувальної дії (використання хімічного та біологічного препаратів), чергуються з прийомами тривалої регуляторної дії. Встановлено, що серед численних видів ентомофагів, яких приваблюють нектароносні рослини, зустрічаються оси сколії (*Hymenoptera, Scoliidae*), які паразитують на личинках хрущів. Надінтенсивна льотна активність імаго, виражена пошукова здатність жертви - важливі передумови спрямованого їх приваблювання у розсадниках. Види названих нектароносів є атрактивними відносно сколій. Для обґрунтування дієвості та ефективності запропонованого способу, формували дослідні варіанти, яких було три та контроль. У першому варіанті реалізовували суттєві елементи запропонованого способу. У другому - способу-найближчого аналога: використання водного розчину Актара 25 WG в. г. (150 г/га.). У третьому, аналогічне завдання вирішували шляхом використання хімічних інсектицидів, занесених у Державний реєстр України. В таблиці 4.22 наведені результати цих досліджень. За досить значної початкової чисельності личинок хрущів, реалізація оригінального способу дозволила знизити їх чисельність, а від так і шкідливість – у цьому варіанті

загинуло 47,5 % личинок. Причина - збудники хвороб, а це виражена ентомоцидна дія препарату Метаризин, а також паразитична активність ентомопатогенної нематоди - їх сумісна дія стала причиною загибелі 67,8 % личинок, що значно перевищує ефективність найближчого аналога. Наведено також кількість домінуючих видів хижих та паразитичних комах, які трофічно пов'язані з личинками хрущів. У варіанті оригінального способу спостерігалась значне їх видове різноманіття. Таким чином, показана принципова можливість захищати розсадники та молоді культури сосни звичайної від пластинчастовусих фітофагів, зокрема, від хрущів, з переважним використанням біологічних і інших нехімічних прийомів.

Способи, що порівнюються	Початкова чисельність хрущів, екз./дерево	Результати реалізації способів, загинуло личинок, %			Загинуло рослин у розсаднику	Домінуючі види хижаків та паразитів хрущів, екз./10 дерев	Чисельність хрущів після реалізації способів, личинок / дерево
		усього	збудники хвороб	хижаки та паразити			
Оригінальний спосіб	8,2	74,5	81,3	67,8	5,7	сколії - 3; тахіні - 5; ктирі - 2	1,1
Спосіб найближчий аналог	7,3				12,9	сколії - 1; тахіні - 2; ктирі - 1	4,8
Хімічний еталон. Базовий варіант	9,1	82,6	11,7	6,8	3,6	тахіні - 2	1,2
Контроль	9,3	24,6	23,2	20,1	43,4	сколії - 2; тахіні - 3; ктирі - 2	13,8
НІР05		3,8	3,1	2,8	0,9		0,5

4.22. Експертна оцінка реалізації способів захисту розсадників та молодих культур сосни від популяцій хрущів (Київська обл. 2014-2018 рр.)

4.5. Дослідження репелентного впливу рослинності на популяції хрущів

В результаті досліджень встановлено виражену сумісну взаємодію комплексу різноманітних біологічних та екологічних факторів чагарникових рослин по відношенню до природних популяцій пластинчастовусих фітофагів - хрущів. Оригінальний спосіб полягає у висадженні по периметру розсадників, на відстані 2,0 і 2,5 м від краю насаджень, восени у рівній пропорції таких чагарникових рослин, як жимолость козолиста (*Lonicera caprifolium* L.), дерен справжній (*Cornus mas* L.), маслина вузьколиста (*Elaeagnus angustifolia* L.), скумпія звичайна (*Cotinus coggygria* Scop.). Ширина чагарникової ділянки становить 1,2-1,3 м. Присутність цієї рослинності навколо лісових розсадників стає несприятливим фактором для хрущів. Як встановлено, самиці хрущів уникають таких насаджень і зовсім мало відкладають яйця у цих екосистемах. Крім цього, як встановлено дослідженнями, виражена атрактивна дія відносно пластинчастовусих фітофагів властива і посівам гречки звичайної. Інші прийоми: навесні в період льоту імаго хрущів та на початку масової яйцекладки самиць, на ділянці, що відокремлює чагарники від розсадників, знищення бур'янів шляхом механічного рихлення ґрунту; через 1-2 дні проведення обприскування цієї ділянки 5,0 % водним розчином препарату Боверин, с.п. титр 10 млрд. спор/г, спрямовані на підсилення запропонованого способу відносно популяцій цих фітофагів.

В період досліджень, серед шкідливих видів спостерігалось шість видів хрущів. Серед них домінували такі види: травневий західний (польовий) хрущ (*Melolontha melolontha* L.), травневий східний (лісовий) хрущ (*Melolontha hippocastani* F.), червневий (*Amphimallon solstitialis* L.), сірий волохатий хрущ (*Anoxia pilosa* F.), мармуровий хрущ (*Polyphylla fullo* L.), металева кузька-квіткоїд (*Apomala dubia* Scop.) та кукурудзяний дубляк-гноювик (*Pentodon idiota* Hbst.). Для обґрунтування ефективності способу формували дослідні варіанти, яких було три та контроль. У першому варіанті досліджували

ефективність прийомів запропонованого способу. У другому – аналогічну задачу вирішували шляхом використання елементів способу - найближчого аналога (приваблення в період весняної реактивації імаго довгоносиків ловильними жердинами, як специфічного субстрату для відкладання яєць, з наступною обробкою цих жердин водним розчином препарату Актара 25 WG, в. г. 150 г/га). У третьому використовували комплекс елементів - загальноприйняті прийоми попереджувального та винищувального характеру: хімічні інсектициди, шляхом внесення їх в ґрунт. Контрольний варіант - не менше 10 рослин сосни звичайної, в період вегетації не використовували будь-які прийоми захисту насаджень (табл. 4.23).

Для оцінки ефективності способу використовували показники сезонної динаміки чисельності хижаків - турунів (красотіл степовий, турун фіолетовий та облямований, головач звичайний, бігунчик мінливий та польовий) та стафілінід (філонт простий, стафілон світлокрилий, оксител темний). Результати досліджень наведено у таблиці 4.24. У підсумку запропонований спосіб досить ефективно попереджував процес заселення лісових розсадників пластинчастовусими фітофагами. Як видно з матеріалів таблиці 1, підсумкова ефективність запропонованого способу становила 82,6 %, порівняно до 71,4 % у найближчого аналога. Ефективність базового варіанту становила 86,5 %. Різниця між показниками запропонованого способу та базового варіанту несуттєва. Важливим є механізм, що супроводжував господарську ефективність запропонованого способу. За практично однакової в усіх варіантах початкової чисельності личинок хрущів (2,4- 3,4 екз./м²), у подальшому кількість яєць у варіанті запропонованого способу становила 7,6 екз./м². У найближчого аналогу, базовому варіанті та контролі, ці показники становили відповідно 24,8; 16,3 та 38,6 екз. Відповідною була й господарська ефективність. Елементи запропонованого способу перешкоджали не тільки заселенню молодих культур сосни звичайної пластинчастовусими фітофагами, але і певним чином блокували яйцекладку самиць. Крім цього,

4.24. Динаміка чисельності хижих членистоногих за реалізації різних способів контролю чисельності пластинчастовусих фітофагів (польові дослідження, Богуславський лісгосп, 2014-2018 рр.)

Способи, що порівнюються*	Початкова чисельність хижих комах, особ./м ²		Чисельність хижаків у середині серпня, особ./м ²		Чисельність хижаків наприкінці жовтня, особ./м ²		Ефект
	туруни	стафілініди	туруни	стафілініди	туруни	стафілініди	
Спосіб, що заявляється	4,6	1,2	8,7	3,6	5,9	3,1	трофічна активність хижаків, виражені елементи саморегуляції
Спосіб, найближчий аналог	3,9	1,6	5,4	2,7	5,7	2,8	спорадична регуляторна роль хижаків
Стандартна технологія	4,1	0,9	1,8	0,8	2,4	1,6	виключення із регуляторного процесу діяльності хижаків
Контроль	4,8	1,7	7,9	3,7	8,7	3,2	хижаки не забезпечують суттєвого зниження чисельності хрущів
НІР 05	-	-	0,8	0,7	1,7	0,8	
*пояснення у тексті							

4.6. Конструювання системи регулювання чисельності комплексу пластинчастовусих фітофагів

Концепція процесів зворотнього зв'язку, яка є частиною загальної теорії систем, полягає в тому, що похідний стимул повертається у зворотньому напрямку – до джерела і утворює петлю зворотнього зв'язку. Позитивний, дестабілізуючий, зворотній зв'язок утворюється коли похідний стимул, проходячи по петлі зворотнього зв'язку, викликає посилення (+) початкового

стимула. Негативний, стабілізуючий, виникає, коли похідний стимул, проходячи по петлі, навпаки, викликає послаблення цього стимулу (-) [8, 61].

Розглянемо принципову конструкцію системи захисту, у якій застосовуються тільки біологічні препарати та ентомофаги (рис. 4.7). Застосування чи активізація природних популяцій біоагентів – ентомофагів та ентомопатогенів (Е) дозволяє зменшити (-) популяцію фітофага в середньому на 70%. 30%-ва частка (частка популяції фітофага, що вижила після застосування біологічного методу) нарощуючи поступово чисельність (+), створює трофічну базу для існування природних регуляторів чисельності – досягаючи у точці X стабільного стану. Така конструкція є екологічно стабільною.

У випадку конструювання системи захисту, у якій передбачено застосування хімічного методу (рис. 4.8) можливі два сценарії: стабілізуючий і дестабілізуючий.

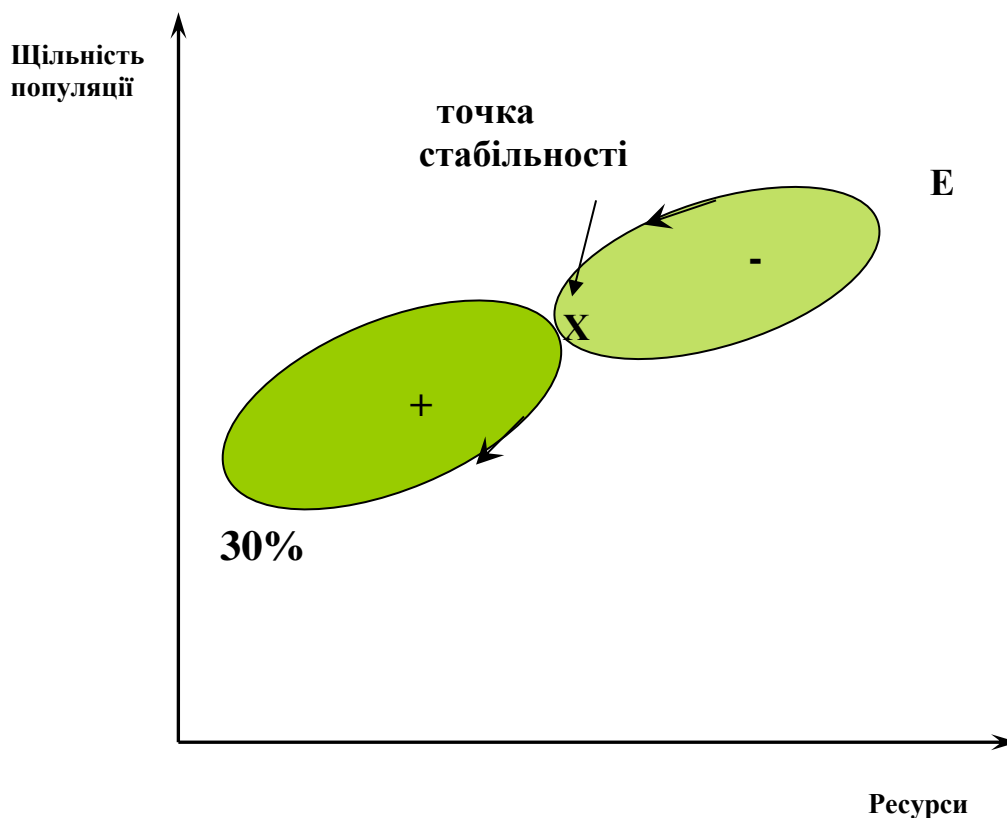


Рис. 4.7. Конструювання системи регуляції чисельності комах-фітофагів, що виключає хімічний метод, за принципами зворотнього зв'язку – позитивного (+) та негативного (–) (пояснення у тексті)

Застосування біологічних засобів захисту та активізація популяцій природних регуляторів чисельності (E) на рівні ефективності 70% (–) дозволить вижити 30% -вій частці популяції фітофага, яка в свою чергу, забезпечить підвищення чисельності останньої (C) (+). При застосуванні на цьому етапі хімічного інсектицида (I_1) із ефективністю на рівні 90% (+), спалах придушується, але за рахунок виживання 10%-вої частки популяції та утворення резистентності створюються передумови для більш масштабного спалаху (B) (+). Далі від конструювання системи захисту буде залежати підсумковий баланс. Якщо втрутитися у ситуацію шляхом застосування хімічного інсектициду (I_2) (+), то спалах, звичайно, буде ліквідований, але загальний баланс буде позитивним (+): $I_1 (+) \rightarrow B (+) \rightarrow I_2 (+) = (+)$, тобто система буде нестабільною. Безперевне функціонування позитивного зворотнього зв'язку у перспективі призведе до руйнації екосистеми і зникненню всіх її елементів: насаджень сосни, комплексу хрущів та ентомофагів.

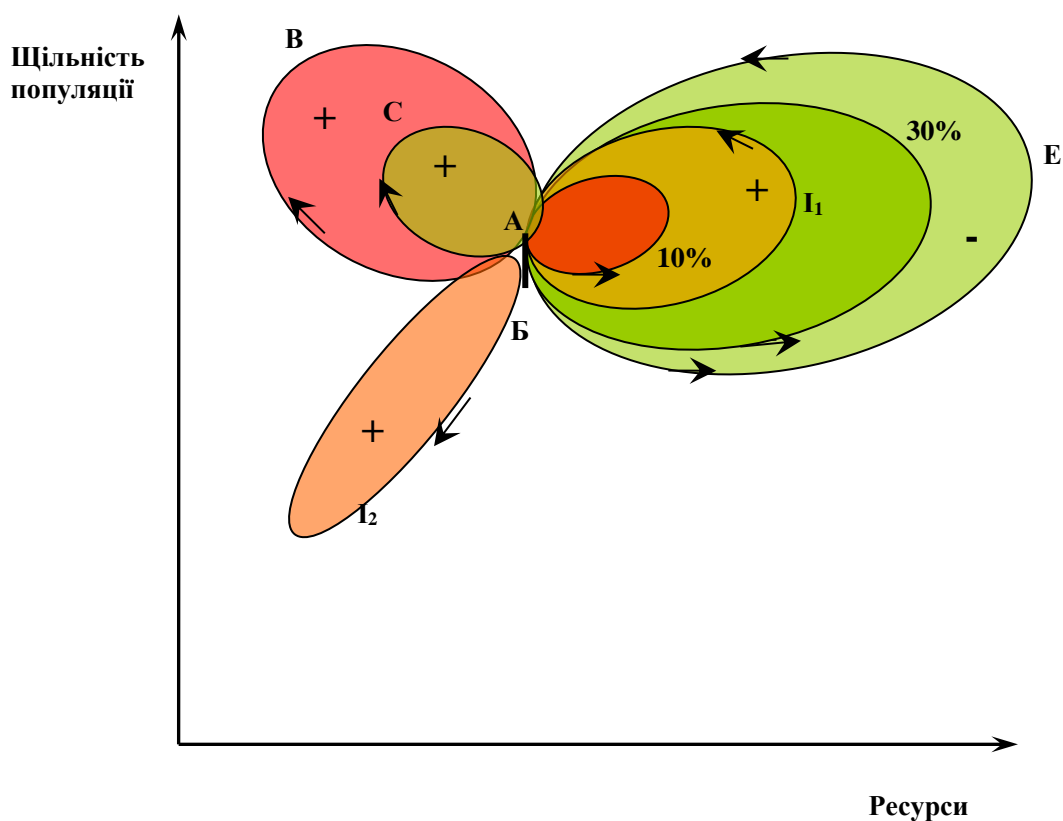


Рис. 4.8. Конструювання системи регуляції чисельності комах-фітофагів, що включає хімічний метод, за принципами зворотнього зв'язку – позитивного (+) та негативного (-) (пояснення в тексті)

У випадку ж невтручання у процес включаються природні регуляторні фактори, але із запізненням реакції (АБ). Спалах чисельності фітофага затухне самостійно завдяки включенню регуляторних механізмів – тоді петля (I_2) замінюється на (Е). За цього сценарію баланс буде негативним (-): $I_1 (+) \rightarrow V (+) \rightarrow E (-) = (-)$, екосистема буде стабільною.

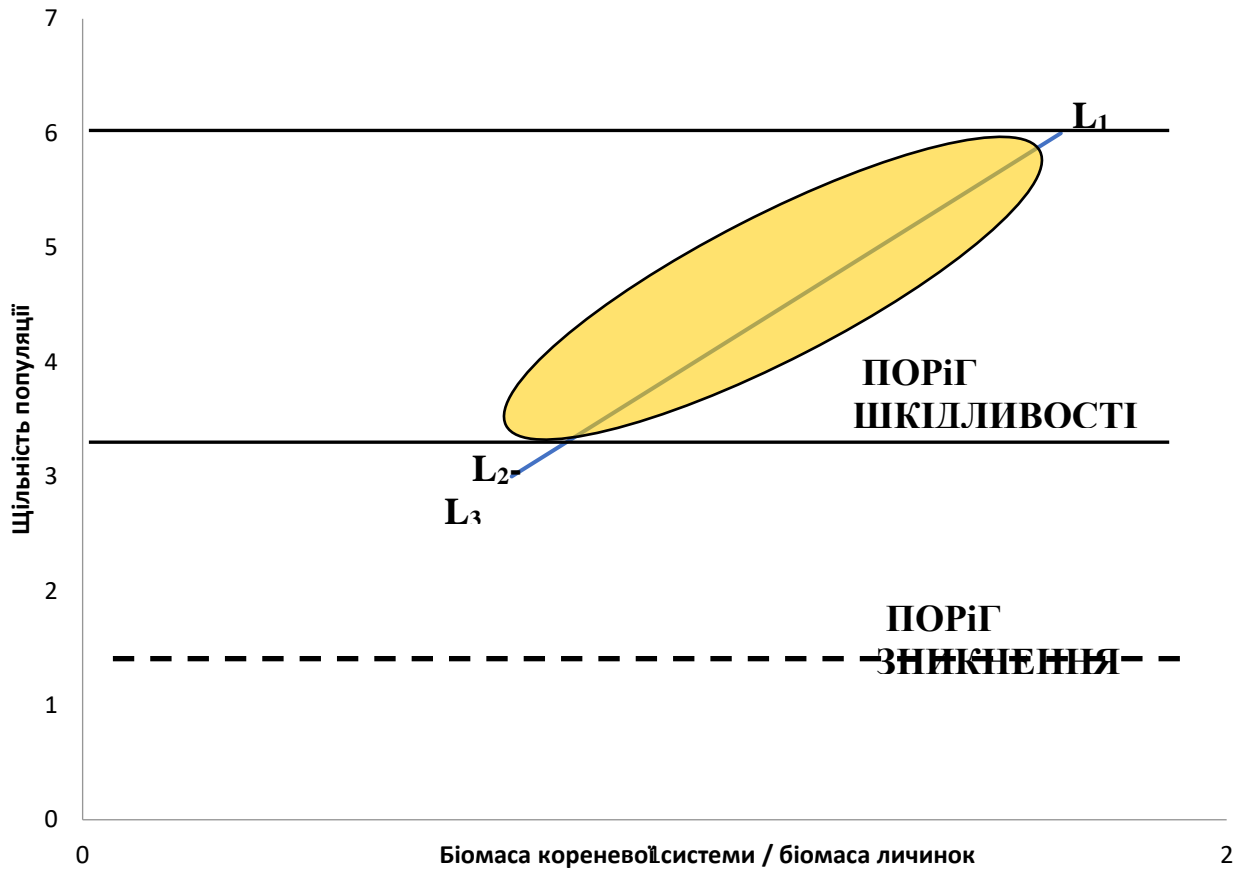


Рис. 4.9. Пороги шкідливості та зникнення для личинок комплексу пластинчастовусих жуків

Для того, щоб уникнути дестабілізуючого ефекту петлі (I_2) у першому сценарії і звести до мінімуму запізнення реакції (АБ) природних регуляторів чисельності у другому – необхідне застосування біологічного методу, дія якого і ефективність будуть наслідком насичення екосистеми біоагентами на попередньому етапі. Тобто, повертаємося до відомої теорії сумісного застосування хімічного і біологічного методів, але у більш широкій інтерпретації: хімічний метод вирішує поточну проблему, а насичення системи біоагентами вирішує проблему стабільності і саморегуляції екосистеми в цілому. Це можливо, з урахуванням пролонгованої дії препаратів, здійснити шляхом застосування біоагентів відразу після або паралельно із хімічною обробкою на протязі 3-4-х років, досягнувши порогу

зникнення для комплексу хрущів (рис.4.9-4.10). Поріг зникнення для комах полягає у співвідношенні чисельності личинок фітофагів і щільності рослин за якого припиняються випадки рослин і зазвичай він досить низький, а для комплексу хрущів, взагалі практично до нуля. 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.

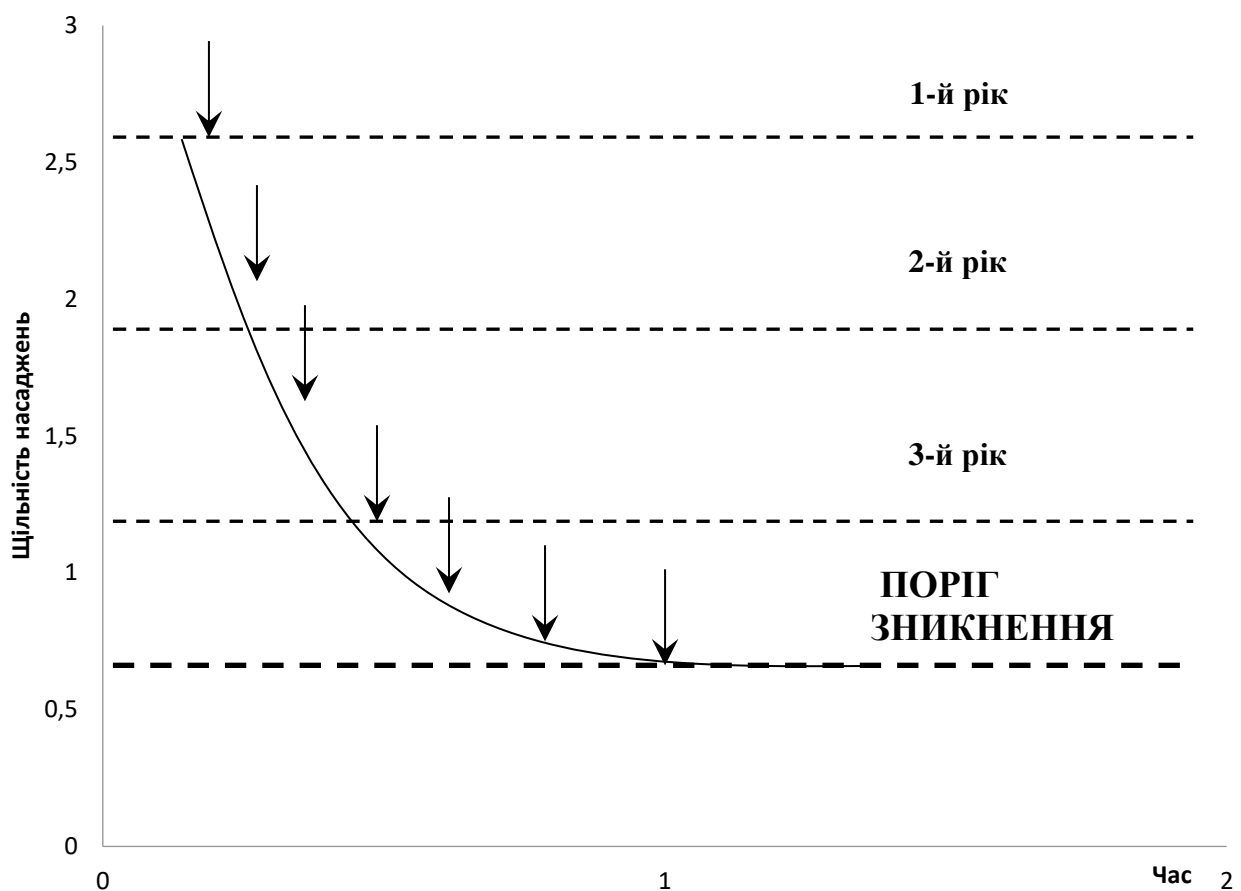


Рис. 4.10. Застосування захисних заходів (показано стрілками) для досягнення порогу зникнення у період розвитку личинок хрущів

Результати експериментальних досліджень та вищезазначені принципи конструювання систем захисту дозволили розробити оптимальну програму регулювання чисельності комплексу хрущів у розсадниках сосни звичайної (табл. 4.25). Необхідно зазначити, що погоджуючись в цілому із відомим

співвідношенням хімічного і біологічного методів в системах захисту (60 : 40) [159], оскільки воно було встановлено для агроценозів, із урахуванням не тільки екологічної компоненти, але і прийнятного рівня урожайності, вважаємо за доцільне для лісових екосистем збільшення біологічної частки до рівня 60-80%.

4.25. Довготривала програма впливу на популяції комплексу пластинчастовусих фітофагів у розсадниках сосни звичайної (хімічна та біологічна складова)

Період	Цільовий об'єкт	Пороговий рівень*	Захід, особливості проведення	Мета заходу	Додатковий ефект
1-й рік					
Обсаджень розсадника чагарниковою рослинністю із репелентною дією на хрущів, висів у міжряддях гречки звичайної					
травень	яйця, імаго	в період масового льоту та яйцекладки	Актара, 25 WG, в.г., обробка поверхні ґрунту	регуляція чисельності	відсутній
	личинки 1-3-го віку	>> рівня 1**	Антихрущ Люкс к.с., 1 л/га на 350 л води; одноразовий кореневий полив рослин на початку реактивації личинок		
			Боверин, 5% титр 900 млн/мл або Метаризин, 5% с.п. титр 900 млн/мл, внесення у ґрунт на		

			глибину 10-30 см		
червень-липень	личинки 1-3 віку	>> рівня 1	Метаризин, 5% с.п. + <i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн, внесення у ґрунт на глибину 20 см через кожні 50 діб	насичення екосистеми ентомопатогенами	збереження природних популяцій ентомофагів та ентомопатогенів
серпень	личинки 1-3 віку	>> рівня 1	Метаризин, 5% с.п. + <i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн, внесення у ґрунт на глибину 20-40 см	насичення екосистеми ентомопатогенами	збереження природних популяцій ентомофагів та ентомопатогенів
кінець серпня – вересень	личинки 1-3 віку	рівень 2***	Метаризин, 5% с.п. + <i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн, внесення у ґрунт на глибину 30 см		
2-й рік					
Висів у міжряддях розсадника гречки звичайної					
травень	яйця	в період масового льоту та яйцекладки	Боверин, 5% титр 900 млн/мл, обробка поверхні ґрунту	регуляція чисельності	відсутній
	личинки 1-3-го віку	> 1 рівня	Метаризин, 5% с.п. + <i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн, внесення у ґрунт на	регуляція чисельності + насичення екосистеми ентомопатогенами	збереження природних популяцій ентомофагів та ентомопатогенів

			глибину 10-30 см		
червень-липень	личинки 1-3-го віку	> 1 рівня	Метаризин, 5% с.п. + <i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн, внесення у ґрунт на глибину 20 см через кожні 50 діб	насичення екосистеми ентомопатогенами	збереження природних популяцій ентомофагів та ентомопатогенів
серпень	личинки 1-3-го віку	> 1 рівня	Метаризин, 5% с.п. + <i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн, внесення у ґрунт на глибину 20-40 см		
кінець серпня – вересень	личинки 1-3-го віку	2 рівень	Метаризин, 5% с.п. + <i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн, внесення у ґрунт на глибину 30 см		
3-й рік					
Висів у міжряддях розсадника гречки звичайної					
травень	яйця	в період масового льоту та яйцекладки	Боверин, 5% титр 900 млн/мл, обробка поверхні ґрунту	регуляція чисельності	відсутній
	личинки 1-3-го віку	> 1 рівня	Метаризин, 5% с.п. + <i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн, внесення у ґрунт на глибину 10-30 см	регуляція чисельності + насичення екосистеми ентомопатогенами	збереження природних популяцій ентомофагів та ентомопатогенів

червень-липень	личинки 1-3-го віку	> 1 рівня	Метаризин, 5% с.п. + <i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн, внесення у ґрунт на глибину 20 см через кожні 50 діб	насичення екосистеми ентомопатогенами	збереження природних популяцій ентомофагів та ентомопатогенів
серпень	личинки 1-3-го віку	> 1 рівня	Метаризин, 5% с.п. + <i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн, внесення у ґрунт на глибину 20-40 см		
кінець серпня - вересень	личинки 1-3-го віку	поріг зникнення, чисельність, за якої випадки рослин не спостерігаються	не проводяться	-	збереження природних популяцій ентомофагів та ентомопатогенів
<p>* - порогове значення співвідношення біомаси кореневої системи дворічних сіянців сосни звичайної та личинок пластинчастовусих фітофагів становить 1,71 для личинок першого і 0,75 – для личинок другого та третього віків;</p> <p>** - пороговий рівень 1 визначається за формулою $x = (0,96y + 0,63) / 3$;</p> <p>*** - пороговий рівень 2 визначається за формулою $x = ((0,96y + 0,63) / 3) 0,577$, де x – співвідношення біомаси кореневої системи до біомаси личинок; y – біомаса кореневої системи.</p>					

4.6.1 Висновки до розділу 4:

- встановлено, що за функціональною активністю гонад та реальною плодючість листя дуба черешчатого та суцвіття сосни звичайної є тим оптимальним субстратом, що оптимізує усі параметри та життєві функції самиць хрущів;
- встановлено ритміку яйцекладки хрущів: перший період триває 5 – 7 днів, у цей період самиці відкладають від 17,8 до 29,4 % яєць незначної життєздатності (понад 45% гине); масова яйцекладка – 12 – 14 днів,

відкладаються фізіологічно повноцінні яйця; третій період – 4 – 7 днів, самиці відкладають значну кількість фізіологічно неповноцінних яєць. Отже, найбільшу загрозу насадженням представляють личинки, котрі відродились з яєць відкладених у період масової яйцекладки;

- встановлено просторову структуру розподілу лялечок хруща у шарах ґрунту: на глибині до 7 см концентрувалося 11,8% популяції лялечок, рівень їх загибелі на період весняної реактивації становить 65,2%. Причиною загибелі були: хижаки 42,1%, ентомопатогени 16,7, синоптичні аномалії 6,4% лялечок. У шарах 8-15, 16-24 та 25-35 см концентрувалося 80,6% лялечок, рівень загибелі 14,3-15,4%. Причина загибелі: хижаки – 2,1–6,7%, синоптичні аномалії – 0,8-2,8% лялечок. Таким чином, життєздатна частина популяцій хрущів становить 84,6 – 85,7%, яка і є реальною загрозою насадженням;
- встановлена ефективність препаратів Боверин (*Beauveria bassiana*) та Метаризин (*Metarrhizium anisopliae*) відносно личинок пластинчатовусих, при цьому дія Метаризину у порівнянні з Боверином більш виражена;
- при обробці поверхні ґрунту початкова ефективність Боверину та Метаризину була: Боверин – 92 і Метаризин – 95%, що дещо поступається Актарі – 97%, але протягом місяця залишкова ефективність Боверину (32%) та Метаризину (45%) істотно переважала ефективність хімічного інсектициду (12%);
- при обробці поверхні ґрунту 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, їх ефективність співпадає на 90 та 50% рівнях – період між ними є зоною комплементарної дії препаратів;
- у травні оптимальною для внесення біопрепаратів є глибина 10-30 см – в цьому шарі концентрується до 75% личинок; 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, тобто внесення препарату на цю глибину технологічно не виправдане;

- за кількістю збережених рослин та за приростом пагонів протягом вегетації варіант із застосуванням Боверину показав вищі результати – 21,4 см на 50-ту добу після застосування (для Метаризину максимальне значення приросту на цей же термін 19,4 см, а у контролі 8,4 см);
- дослідження щодо смертності протягом вегетації личинок, лялечок та імаго західного травневого хруща залежно від концентрації конідій *Beauveria bassiana* та періоду їх внесення показали тенденцію нарощування ефективності протягом сезону, але ті з них, що мали більш високу концентрацію інфекційного матеріалу 20 x 10 та 50 x 10 наприкінці вегетації показали результати смертності на рівні 30 і 50% відповідно;
- випробовування глютамінової кислоти у композиції із живильним концентратом лізином, хімічного інсектициду на основі тіаметаксаму та оригінальної композиції *Steinernema feltiae* 1,0 – 1,2 млн. + 5,0%-ний *Metarrhizium anisopliae* показало, що ефективність оригінального способу становила 84,3%, проти 69,8% із застосуванням глютамінової кислоти та лізину;
- встановлено, що висадженні по периметру розсадників, на відстані 2,0 і 2,5 м від краю насаджень такі чагарникові рослини, як жимолость козолиста (*Lonicera caprifolium* L.), дерен справжній (*Cornus mas* L.), маслина вузьколиста (*Elaeagnus angustifolia* L.), скумпія звичайна (*Cotinus coggygria* Scop.) мають репелентну дію відносно хрущів, з метою підвищення регуляторної ролі ентомофагів у міжряддях доцільно висівати гречку звичайну;
- для того, щоб уникнути дестабілізуючого ефекту повторного застосування хімічного інсектициду і звести до мінімуму запізнення реакції природних регуляторів чисельності у конструкцію системи

захисту необхідно вводити біологічні елементи, дія яких і ефективність будуть наслідком насичення екосистеми біоагентами на попередньому етапі: хімічний метод вирішує поточну проблему, а біоагенти забезпечують стабільність і саморегуляцію екосистеми в цілому. Це вирішується шляхом застосування біоагентів відразу після або паралельно із хімічною обробкою протягом 3-4-х років, досягаючи для популяції фітофагів порогу зникнення;

- 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;
- пропонувати використання препарату Антихрущ Люкс к.с. з діючими речовинами: - імідаклоприд 100 г/л, біфентрин 100 г/л, ацетамиприд 30 г/л у лісовому господарстві на хвойних культурах, зокрема сіянцях та молодих культурах сосни звичайної, шляхом кореневого поливу рослин. Використовувати один прийом поливу навесні, на початку реактивації личинок хрущів.

Основні наукові результати розділу опубліковані в працях автора [40, 42, 43, 67, 68, 121-123].

РОЗДІЛ 5

ОЦІНКА ЗАГРОЗИ РОЗСАДНИКАМ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ ВІД ЛИЧИНОК ПЛАСТИНЧАСТОВУСИХ ФІТОФАГІВ

Оцінка загрози від личинок пластинчастовусих шкідників одне із найважливіших питань моніторингу розсадників сосни звичайної. Традиційно він зводиться до відомих способів кількісної оцінки шкідливої ентомофауни (обліків) за допомогою, так званих, інструментальних методів (пастки різноманітної конструкції, у тому числі і феромонні, косіння сачком тощо). В

той же час, личинки хрущів, а саме вони є основним ентомологічним фактором впливу на успішність вирощування сіянців сосни в перші роки, можна виявити і кількісно оцінити лише шляхом проведення систематичних розкопувань (табл. 5.1). Метод цей досить точний і дає цінну інформацію, але надзвичайно трудовитратний і дорогий, а відтак застосовується локально. Як альтернатива трудомістким облікам в лісових екосистемах у США було розроблено систему суб'єктивної класифікації (класифікаційну модель) для оцінки загроз від комах фітофагів, до основи якої покладена бальна оцінка кожного фактору ризику. Попри неточність і відсутність статистичної достовірності він був з успіхом апробований у США при моніторингу ялинкового лубоїда і дістав значного поширення під назвою «система штрафних балів» [8]. Цей же підхід, як метод першого наближення (за необхідності з подальшим уточненням стану і чисельності популяції за допомогою розкопок) при проведенні моніторингу, швидкий і відносно дешевий, цілком придатний і для розробки системи класифікації загроз розсадників сосни звичайної від личинок комплексу хрущів.

Значущість личинок хрущів, як фактору ризику на територіях, де проводилися наші дослідження статистично доводиться аналізом 4-х річних результатів ґрунтових розкопок (табл. 5.1 та 5.2).

5.1. Лінійні розміри личинок різних віків хрущів в лісових розсадниках та молодих культурах сосни звичайної (Богуславський лісгосп, 2015-2018 рр.)

Вік личинок	Довжина тіла, мм	Довжина голови, мм	Ширина голови, мм
<i>Melolontha melolontha</i> F.			
Перший	11,2- 14,1	1,5	2,3
Другий	35,4-37,1	2,3	3,4
Третій	47,8-52,4	3,9	5,6
<i>Melolontha hippocastani</i> F.			
Перший	10,5-25,5	1,6	2,4
Другий	38,8 – 38,1	2,4	4,1
Третій	56,4- 65,2	4,2	6,6
<i>Amphimallon solstitialis</i> S.			
Перший	12,6- 13,1	1,6	2,1
Другий	35,1- 36,8	2,2	3,5
Третій	48,6 – 52,2	3,5	5,4
<i>Anoxia pilosa</i> F.			
Перший	17,5- 26,7	1,3	2,22
Другий	36,9- 38,1	2,4	37,0
Третій	46,1-50,4	3,80	5,81
<i>Polyphylla fullo</i> S.			
Перший	20,9- 25,4	1,77	2,75
Другий	46,7- 49,2	3,27	5,26
Третій	72,8- 75,3	5, 52	8,53

Як видно з даних таблиці 5.1, весь комплекс хрущів на стадії личинок другого-третього віків характеризується значними розмірами. Між лінійними розмірами личинок та їх масою існує певна залежність. Маса ж, у свою чергу, прямо пропорційна потребі у живленні, а остання є причиною шкідливості і, у

підсумку, втрат. Таким чином, розміри личинок другого-третього віків, що коливаються залежно від виду від 35,1 мм (*Amphimallon solstitialis* S.) до 49,2 мм (*Polyphylla fullo* S.) – для другого віку та від 46,1 мм (*Anoxia pilosa* F.) до 75,3 мм (*Polyphylla fullo* S.) – для третього свідчать про значний рівень небезпеки, яку становлять ці стадії фітофагів, що посилюється ще й їх рухливістю у ґрунті (18-22 м протягом вегетаційного сезону).

Щодо кількісної оцінки структури популяції показовою є таблиця 5.2, яка описує багаторічний характер популяції на прикладі східного травневого хруща.

5.2. Співвідношення між показниками чисельності різних стадій розвитку східного травневого хруща (Богуславський лісгосп, 2016 – 2018 рр.)

Роки	Кількість облікових ділянок	Стадії				Кількісне співвідношення між різними стадіями, %			
		яйця	личинки, року			1	2	3	4
			1-го	2-го	3-го та лялечки				
2016	48	864	110	13	14	87,4	11,7	0,6	0,3
2017	50	786	236	21	11	50,2	47,9	1,4	0,5
2018	43	817	148	19	17	42,8	54,3	1,7	1,2

Оскільки, як фактор загрози, що підлягає діагностиці, нас цікавили насамперед личинки другого-третього віків, зупинимося саме на них. Як бачимо, рівень виживання у 2016 році, досягнення шкідливої стадії порівняно незначний і знаходиться на рівні 12% для личинок першого віку, а відносно них 11-12% для личинок другого-третього віків та лялечок. Для 2017 року цей ряд становить 30% та 5-10%, для 2018 – 18% та 11-13%. Незначний рівень виживання на рівні значної шкідливості з одного боку свідчать про рівень

регулювання популяції на біоценотичному рівні, а з іншого – на потенціал шкідливості личинкової стадії старших віків східного травневого хруща.

Рівні шкідливості комплексу хрущів проілюстровано у таблиці 5.3. Важливо відмітити, що вже на рівні чисельності 3,5-5,5 особ./м² саджанці вже нездатні відновити нормальне функціонування і цьому етапі заселення спостерігається до 36 % випадів рослин (порівняно до 1,5% у контролі від інших причин) при рівні пошкодження коріння 46%. Попередній рівень чисельності 2,5-3,5 особ./м² викликає загибель 21% рослин при пошкодженні їх кореневої системи більше ніж на 31%. Тобто, між цими двома рівнями чисельності спостерігається зростання втрат на 100%. Вочевидь, що чисельність личинок хрущів на рівні 3 особини є пороговим рівнем. Це добре узгоджується з моделями порогових рівнів, розглянутих у 3 розділі.

5.3. Рівень шкідливості личинок хрущів у насадженнях розсадника сосни звичайної (Богуславський лісгосп, 2017)

Чисельність личинок хрущів, особ./м ²	Характеристика надземної частини	Лінійні розміри приросту гілок, см	Пошкодження коріння, %	Компенсаторна здатність саджанців	Випадання дерев, %
0,0 Контроль	компактні добре розвинені саджанці	16,4	3,2	цілком задовільно	1,5
0,5 – 1,5	нормальний фізіологічний стан з ознаками в'янення	14,1	5,8	повне відновлення пошкоджень	2,7
1,5 – 2,5	уповільнений приріст та виражені ознаки в'янення	13,5	16,2	задовільна перезимівля	12,4
2,5 – 3,5	не типове забарвлення хвої, уповільнений приріст	10,1	31,7	суттєві втрати саджанців	21,2

3,5 – 5,5	фізіологічні аномалії, що супроводжуютьс я загибеллю рослин	6,2	46,2	саджанці не в спромозі відновити функціональну активність	36,4
-----------	---	-----	------	---	------

Загалом, дані викладені у таблицях 5.1-5.3 доводить доцільність розробки методів оцінки загрози розсадникам від личинок хрущів на рівні потреби у живленні, потенціальної та реалізованої шкідливості.

5.1. Протокол «штрафної системи» оцінки загрози розсадникам сосни звичайної від личинок комплексу пластинчастовусих фітофагів

Нами розроблена оригінальна версія оцінки загроз, залежно від умов місцеіснування, факторів лісонасаджень та порушень, а також індивідуальної стійкості окремих рослин сосни (табл. 5.4), пов'язаних із популяціями личинок пластинчастовусих фітофагів. Дана класифікаційна модель представлена у вигляді протоколу факторів індикаторів ризику і штрафних балів, що відповідають їм, а також чотирьохрівневої шкали категорій загрози, які визначаються за сумою штрафних балів. 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 розсаднику, або застосування довготривалої програми із превалюванням елементів біологічного методу для доведення популяції хрущів до порогу існування.

5.4. Протокол «штрафної системи» оцінки загрози розсадникам сосни звичайної від личинок комплексу пластинчастовусих фітофагів

Фактори - індикатори ризику	Штрафні бали
1. Фактори пов'язані із індивідуальною стійкістю рослин	
1.1. Ступінь охвоєності	
нормальна	0
менше нормальної, але без контрасту по висоті рослини	2
слабка, є контрастні зони по висоті рослини	3
1.2. Забарвлення хвої	
нормальне	0
знебарвлення різного ступеня	3

1.3. Висота рослин відносно вікового стандарту	
стандартна	0
менше стандарту	2
рослини пригнічені	5
1.4. Довжина річного прирісту	
стандартна	0
низька	2
приріст відсутній	5
1.5. Діаметр стовбура	
стандартний	0
менше стандартного	3
значно менше стандартного	5
2. Кліматичні фактори порушень	
2.1. Температурні умови	
аномально посушливі	5
посушливі	3
помірні	0
3. Едафічні фактори	
3.1. Вологість ґрунту	
перезволожений	0
висока	2
помірна	5
низька	1
3.2. Тип ґрунтів	
піщаний	2
суглинок	3
чорнозем	4
3.3. Щільність ґрунту	
легкий	2

важкий	3
4. Лісогосподарські фактори	
4.1. Утримання міжрядь задерніння культивация, дискування	5 1
5. Фактори лісонасаджень	
5.1. Віддаленість від лісового масиву в межах масиву на узбіччі лісу віддалено від лісу	3 2 1
5.2. Тип суміжних лісових масивів хвойні змішані листяні	1 2 3
5.3. Окультуреність прилеглих до розсадника територій агроценози польових культур луки та пасовища території, виведені із сільськогосподарського користування рекультивовані території пустирі	1 2 3 4 5
5.4. Мікрорельєф розсадника ділянка вирівнена є пониження	2 3
5.5. Характер випадів рослин поодинокі групові	2 5
5.6. Щільність насаджень на момент оцінки у % від первинної менше 50% дуже розріджена	2

50% розріджена	3
80% слаборозріджена	1
близько 100% нерозріджена	0

Відносно зазначеного протоколу 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.

Коментарі до пунктів протоколу дозволяють розкрити їх сутність і пояснити бальну оцінку факторів ризику:

1.1 – 1.5: фактори залежні від індивідуальної стійкості рослин –ступінь охвоєності, забарвлення хвої, довжина річного прирісту, висота рослин та діаметр річного прирісту – при пошкодженні кореневої системи личинками хрущів відбувається порушення живлення рослини, дисбаланс енергетичного бюджету, що негативно позначається на розвитку.

2.1: посушливі умови негативно відбиваються на виживанні рослин сосни звичайної при пошкодженні коренів личинками у результаті порушення водного балансу.

3.1: пластинчастовусі фітофаги більш активно заселяють зволожені ґрунти, при висиханні ґрунту спостерігаються вертикальні міграції, у той же час у перезволожених ґрунтах спостерігається масова загибель яєць та личинок від ентомопатогенів.

3.2-3.3: вогнища личинок хрущів найчастіше зустрічаються на важких ґрунтах, але і на піщаних окремі види, як наприклад, мармуровий хрущ,

можуть завдавати значної шкоди; на чорноземних ґрунтах, багатих гумусом, личинки першого віку мають додаткове живлення.

4.1: самиці хрущів не відкладають яйця у розпушений ґрунт, отже задерніння міжрядь, або несвоєчасний їх обробіток у весняний період (період відкладання яєць) є важливим фактором ризику.

5.1: віддаленість від лісового масиву є важливим елементом оцінки загрози від хрущів розсаднику – хрущі слабо заселяють відкриті площі, віддаючи перевагу затіненим ділянкам, місцям під пологом зімкнутих насаджень, або на узбіччі лісових насаджень, межи галявин тощо.

5.2: тип суміжних лісових масивів також є важливим для успішності вирощування сосни у розсаднику – найчастіше вогнища хрущів спостерігаються у листяних молодих насадженнях, на старих вирубках.

5.3: важливість окультуреності прилеглих територій, перш за все, залежить від типу їх експлуатації, найменш небезпечні є сільськогосподарські угіддя, на яких проводиться обробіток ґрунту і застосовуються інсектициди, для луків і пасовищ ризику зростають, оскільки обробіток ґрунту проводиться нещорічно, території ж виведені із сільськогосподарського обігу, рекультивовані та пустирі, де відсутні регулярний обробіток ґрунту і пестицидний тиск є найбільш оптимальними для формування вогнищ личинок фітофагів.

5.4: наявність на території розсадника таких елементів мікрорельєфу як пониження, блюдця, що характеризуються підвищеною (відносно решти території розсадника) вологістю ґрунту, створює додаткові ризики оптимізації умов для збільшення популяцій комплексу хрущів.

5.5: груповий характер випадів рослин у розсаднику (вздовж ряду і на двох-трьох рядах поспіль) свідчить про інтенсивне заселення насаджень личинками хрущів, личинки старших віків при горизонтальній міграції можуть протягом вегетаційного періоду подолати відстань 18-22 м.

5.6: відсутність випадів рослин, або їх поодинокий характер свідчить про незаселеність личинками хрущів розсадника, збільшення кількості випадів до 50% (розріджені насадження) є індикатором значної загрози від фітофагів, але при подальшому зменшенні щільності насаджень – рослин залишилося менше 50% (дуже розріджені насадження) ризики дещо зменшуються оскільки відстані між трофічними ресурсами для личинок значно зростають.

Описаний протокол був апробований у розсаднику сосни звичайної у 2015-2017 рр. (рис. 5.1).

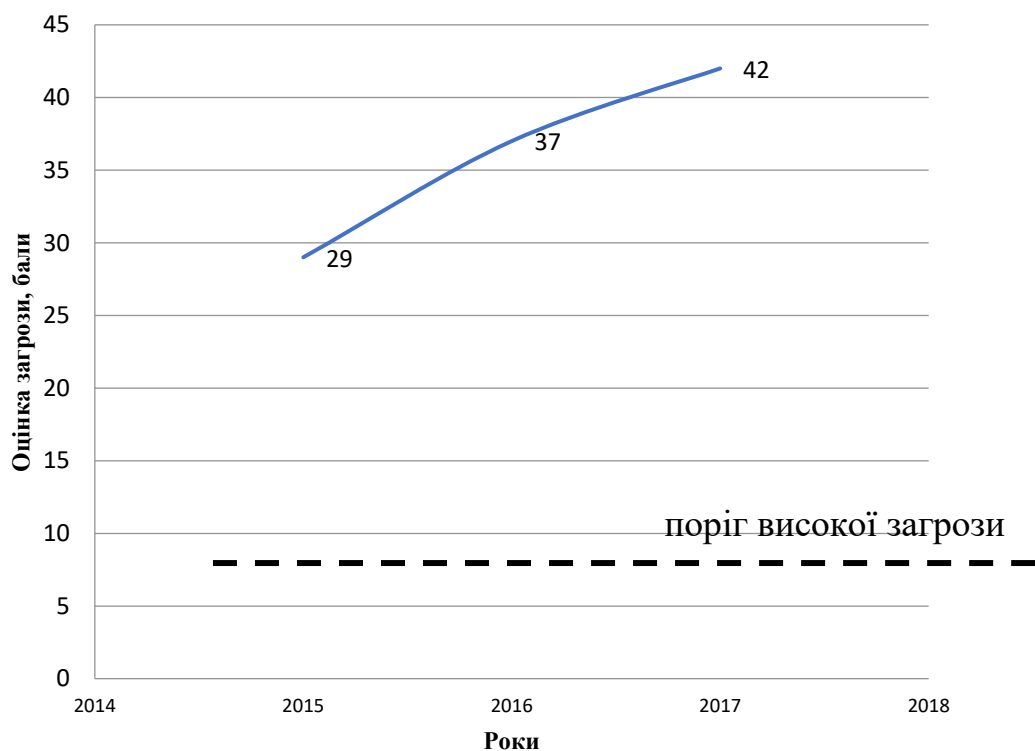


Рис. 5.1. Результати оцінки загрози від личинок комплексу пластинчастовусих фітофагів розсаднику сосни звичайної за протоколом «штрафної системи» (Богуславський лісгосп, 2015–2017 рр.)

Результати оцінки показали високий, 4-ї категорії рівень загрози, що суттєво перевищує 5-ти 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 приділенню уваги лісосподарським факторам (утримання міжрядь).

5.2. Оцінка загрози розсаднику із використанням просторових розподілів впливів личинок пластинчатовусих фітофагів на культуру сосни звичайної

Метод оцінки загрози, побудований на основі «штрафної системи» попри свою простоту і корисність при опрацюванні значних лісових масивів, як ми вже зазначали, є все ж таки значною мірою суб'єктивним, без статистичного підґрунтя. Тому одним із наших завдань було розробити методику оцінки загрози із застосуванням кількісних показників.

Нами розроблено оригінальний метод на основі оцінки просторових розподілів впливів личинок комплексу хрущів на саджанці сосни звичайної, а саме розподілів випадів саджанців (відсоток загибелі) та «тиску» личинок на саджанці.

Алгоритм методу передбачає:

- розбиття площі розсадника на клітини матриці (10x10 м) із початковою щільністю саджанців 100 екз;
- встановлення відсотку загибелі саджанців у кожній клітині матриці;
- визначення розподілу відсотку випадів: випадковий – рівень загрози початковий «1», контагіозний (груповий) – загроза рівня «2», рівномірний – максимальна загроза рівня «3».

Подібна оцінка відповідає особливостям екології хрущів – заселення нових площ відбувається на першому етапі спорадично, далі в процесі живлення личинок випадів саджанців набувають групового характеру, які зливаються (стають рівномірними) при масовому заселенні розсадника. Оцінка розподілу проводиться за критерієм Сведберга, що визначається як

відношення дисперсії до середнього: при значенні менше 1 – розподіл рівномірний, якщо дорівнює 1 – випадковий, а якщо більше 1 – груповий.

- визначення «тиску» личинок хрущів на саджанці в кожній клітині матриці. Для цього визначають відсоток зменшення висоти рослин порівняно до стандартної (для 5-річних саджанців 2,2-2,4 м);
- визначення розподілу зменшення висоти саджанців 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-ти бальною шкалою (5 балів – максимальний рівень загрози) і робимо висновок щодо прийняття управлінського рішення.

Представлений алгоритм було апробовано при визначенні загрози від личинок хрущів для 5-річного розсадника сосни звичайної у Богуславському лісгоспі.

Розподіл відсотку загибелі саджанців представлено у табл. 5.5. Загалом на площі розсадника загинуло у переважній більшості випадків від 81 до 99% саджанців. І лише на окремих ділянках – 11% від загальної площі, відсоток втрат був менший 80% (позначені зеленим кольором). Розподіл втрат за критерієм Сведберга становить 0,96, тобто вони є рівномірними. Таким чином встановлюємо початковий рівень загрози «3».

На всій площі розсадника саджанці були пригнічені не менше ніж на 37% (зеленим кольором виділено «тиск» в діапазоні 30-40%), причому відсотком пригнічення більше як на 41% було охоплено 90% розсадника. Розподіл «тиску» личинок пластинчастовусих на саджанці рівномірний і становить за критерієм Сведберга 0,635, а відтак до початкового рівня загрози додаємо 2 бали і отримуємо максимальне значення загрози «5 балів» яке потрібно урівноважити компенсацією втрат самосівом. Розподіл самосіву є груповим (критерій Сведберга дорівнює 6,98), а отже віднімаємо 1 бал від попереднього значення – отримуємо 4 бали – високий, але не максимальний рівень загрози. Потрібно відзначити, що лише на 1% площі кількість самосійних рослин та висаджених у сумі перевищують стандартну щільність 5-ти річної культури сосни звичайної і лише на 9% площі їх сумарна кількість перевищує 50%-й рівень початкової щільності. Загалом, візуалізація щільності рослин у розсаднику із урахуванням компенсації самосіву представлена у табл. 5.7.

5.7. Просторова матриця щільності насаджень сосни звичайної із
урахуванням самосіву у % від запланованої щільності (Богуславський
лісгосп, 2015-2019 рр.)

	Зелений	Зелений			
Жовтий	Зелений	Зелений	Жовтий		Зелений
Жовтий	Зелений	Зелений	Жовтий	Зелений	Зелений
	Зелений	Зелений			
	Червоний	Червоний	Червоний		Зелений
	Зелений	Червоний	Зелений		
	Червоний	Зелений	Зелений		
		Червоний	Зелений	Зелений	
	Жовтий	Жовтий		Жовтий	
		Червоний	Зелений		Зелений
	Зелений	Жовтий		Зелений	Жовтий
	Зелений	Жовтий		Зелений	Зелений
Зелений	Червоний	Зелений	Червоний	Зелений	Червоний
Жовтий	Червоний	Червоний	Зелений	Червоний	Зелений
	Жовтий	Зелений		Зелений	Зелений
Зелений		Зелений	Зелений	Жовтий	Жовтий
		Зелений			
зелений – щільність порівняно до початкової – 25-50%; жовтий – 20-25 і червоний > 50%, білий - < 20%					

5.3. Висновки до розділу 5:

- оцінку загрози розсадникам сосни звичайної можна здійснювати за допомогою оригінальної класифікаційної моделі, представленої у вигляді протоколу факторів індикаторів ризику і штрафних балів, що відповідають їм, а також чотирьохрівневої шкали категорій загрози, які визначаються за сумою штрафних балів;
- результати апробації «штрафної системи» показали високий, 4-ї категорії рівень загрози розсаднику сосни звичайної;
- оцінку загрози розсадникам сосни звичайної можна здійснювати за допомогою просторових розподілів впливів личинок комплексу хрущів на саджанці сосни звичайної, а саме розподілів випадів саджанців (відсоток загибелі) та «тиску» личинок на саджанці (пригнічення росту рослин внаслідок живлення личинок на кореневій системі);
- результати апробації методу просторових розподілів впливів личинок комплексу хрущів показали високий рівень загрози розсаднику сосни звичайної (4 бали);
- результати оцінки загрози, здійсненої за допомогою класифікаційної моделі і методу на основі статистичних даних свідчать про необхідність прийняття управлінського рішення щодо термінового втручання за допомогою хімічних інсектицидів та застосування довготривалої програми із превалюванням елементів біологічного захисту для доведення популяції хрущів до порогу існування.

Основні наукові результати розділу опубліковані в працях автора [41, 42, 68].

РОЗДІЛ 6

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

Економічна оцінка заходів і технологій, що застосовуються чи досліджуються в лісових екосистемах має свої особливості, насамперед тому, що економіка лісового господарства передбачає тривалі багаторічні вкладення коштів на догляд та захист до досягнення зрілості деревостанів. Особливо це стосується економіки розсадників молодих культур, як початкового етапу лісовідновлення. Таким чином, економічна оцінка за відсутності швидкої віддачі, щорічного прибутку, як, наприклад, для агроценозів, при економічному аналізі значною мірою зводиться до порівняння вартості основних елементів технологій захисту оригінальної та відомої.

Нами досліджувалась ефективність довготривалої програми впливу на популяції комплексу пластинчастовусих фітофагів, розрахованої на три роки, яка робить акцент на мінімізації хімічного захисту і розширеного застосування біологічного методу. Останній передбачає не тільки безпосереднє застосування комерційних продуктів – біопрепаратів, але й активізацію природних регуляторів чисельності шкідливих фітофагів. Подібний біоценотичний підхід є ефективний в плані збереження стабільності екосистем, але економічні оцінки щодо нього характеризуються невизначеністю, оскільки значна кількість факторів і причинно-наслідкових взаємозв'язків в екосистемах мало досліджені і не підлягають точній економічній оцінці. Більш того, відсутні і економічні моделі щодо вартісного урахування біоценотичних ефектів у екологічно оптимізованих технологіях захисту рослин від комах-фітофагів, як в агроекосистемах взагалі, так і в лісових екосистемах зокрема.

Вартість основних елементів оригінальної технології – довготривалої програми впливу на популяції комплексу пластинчастовусих фітофагів у розсадниках сосни звичайної представлено у таблиці 6.1. Враховувалися вартість гектарної норми внесення засобу захисту, кратність та додатковий біоценотичний ефект від переважного застосування біопрепаратів.

6.1. Оцінка вартості основних елементів оригінальної технології – довготривалої програми впливу на популяції комплексу пластинчастовусих фітофагів у розсадниках сосни звичайної (хімічна та біологічна складова)

Період	Цільовий об'єкт	Захід, технологічні особливості	Вартість заходу, грн/га	Додатковий ефект
Перший рік				
Травень	яйця, імаго	Актара, 25 WG, в.г., обробка поверхні ґрунту, 5кг/га	5610	відсутній
	личинки 1-3-го віку	Антихрущ Люкс к.с., 1 л/га на 350 л води; одноразовий кореневий полив рослин на початку реактивації личинок	850	
		Боверин, 5% титр 900 млн/мл 3л/га або Метаризин, 5% с.п. титр 900 млн/мл, внесення у ґрунт на глибину 10-30 см	195 / 70	
червень-липень	личинки 1-3 віку	Метаризин, 5% с.п. + <i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн, внесення у ґрунт на глибину 20 см через кожні 50 діб, 0,1 кг/0,01 га	70+1200	збереження природних популяцій ентомофагів та ентомопатогенів + 87% щодо личинок
Серпень	личинки 1-3 віку	Метаризин, 5% с.п. + <i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн, внесення у ґрунт на глибину 20-40 см	70+1200	збереження природних популяцій ентомофагів та

кінець серпня – вересень	личинки 1-3 віку	Метаризин, 5% с.п. + <i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн, внесення у ґрунт на глибину 30 см	70+1200	ентомопатогенів + 87% щодо личинок та лялечок
Другий рік				
Травень	яйця	Боверин, 5% титр 900 млн/мл, обробка поверхні ґрунту	195	+ 20% щодо яєць
	личинки 1-3-го віку	Метаризин, 5% с.п. + <i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн, внесення у ґрунт на глибину 10-30 см	70+1200	збереження природних популяцій ентомофагів та ентмопатогенів +87% щодо личинок
червень-липень	личинки 1-3-го віку	Метаризин, 5% с.п. + <i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн, внесення у ґрунт на глибину 20 см через кожні 50 діб	70+1200	збереження природних популяцій ентомофагів та ентмопатогенів +87% щодо личинок та лялечок
Серпень	личинки 1-3-го віку	Метаризин, 5% с.п. + <i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн, внесення у ґрунт на глибину 20-40 см	70+1200	
кінець серпня – вересень	личинки 1-3-го віку	Метаризин, 5% с.п. + <i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн, внесення у ґрунт на глибину 30 см	70+1200	
Третій рік				
Травень	яйця	Боверин, 5% титр 900 млн/мл, обробка поверхні ґрунту	195	+ 20% щодо яєць
	личинки 1-3-го віку	Метаризин, 5% с.п. + <i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн, внесення у ґрунт на глибину 10-30 см	70+1200	збереження природних популяцій ентомофагів та ентмопатогенів +87% щодо личинок
червень-липень	личинки 1-3-го віку	Метаризин, 5% с.п. + <i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн, внесення у ґрунт на глибину 20 см через кожні 50 діб	70+1200	збереження природних популяцій ентомофагів та ентмопатогенів

Серпень	личинки 1-3-го віку	Метаризин, 5% с.п. + <i>Steinernema feltiae</i> 1,0 – 1,2 млн, внесення у ґрунт на глибину 20-40 см	70+1200	+87% щодо личинок
кінець серпня – вересень	личинки 1-3-го віку	не проводяться	-	збереження природних популяцій ентомофагів та ентомопатогенів +87% щодо личинок та лялечок
Загальна вартість препаратів на реалізацію трирічної програми			19745	+87% додаткового ефекту

Враховуючи ціни на препарати 2019 року, перший рік трирічної програми захисту і насичення ентомопатогенами 1 га розсадника сосни звичайної буде коштувати 10 тис. 465 грн. Причому майже половина цієї суми припадає на застосування (внесення у ґрунт) композиції Метаризин, 5% с.п. + *Steinernema feltiae* 1,0 – 1,2 млн, як мінімум тричі – через кожні 50 діб – 4 тис. 5 грн. Другий рік програми є менш витратним за рахунок повної заміни елементів хімічного захисту біологічним – чотири внесення грибної-нематодної композиції. Загалом витрати на препарати для другого року захисту становлять 5 тис. 275 грн. Третій рік програми найменш вартісний – не використовуються хімічні препарати, а композиція на основі ентомопатогенних нематод та гриба метаризіум застосовується тричі – 4 тис. 5 грн. Загалом, для реалізації трирічної програми досягнення популяціями хрущів порогу зникнення на гектарі розсадника сосни звичайної необхідно 19 тис. 745 грн. В подальшому системи захисту від ґрунтових шкідників не застосовуються, таким чином, витрати ці можна віднести до основних і додати до первинних витрат на закладення розсадника.

Декілька слів необхідно сказати про додатковий біоценотичний ефект від застосування екологічно спрямованої програми впливу на популяції хрущів. За рахунок збереження та активізації природних регуляторів

чисельності хрущів: птахів - граки, ворони, шпаки, польовий горобець, трясогузки, сорокопуд, кібчики, сойки, сови; комах – хижі жуки, ктирів *Promachus canus* та *Satanus gigas*; червонолапа тіфія; кліщів *Throptagas perniciosus*; *Mycetoglyphus furgivorus*; *Caloglyphus spinatarsus*; природних популяцій ентомопатогених грибів *Beauverias* та *Metarhizium* у перший рік програми додатковий ефект відносно личинок та лялечок хрущів становить 87%, на другий та третій роки до нього – за рахунок відмови від хімічних препаратів у весняний період додається 20% додаткового ефекту відносно яєць хрущів.

Для порівняння, технології побудовані на хімічному захисті характеризуються меншою ефективністю у підсумку, небажаними у плані порушення екологічної рівноваги у лісовій екосистемі і, в принципі, не здатні повністю вирішити проблему хрущів, виконуючи лише функцію стримування росту їх популяцій.

Так, застосування Актари 25 в.г. тіаметоксам, 250 г/кг у нормі 5 кг/га через кожні 15 діб (12 обробок за сезон з квітня по вересень) буде коштувати (за ціною препарату) 69 тис. 320 грн /га (рис. 6.1) при ефективності 91,8%.

Застосування Фастаку к.е. альфа-циперметрин у тій же кратності у нормі 0,1 л/га буде становити 530 грн /га але за ефективності лише 74,2%. Потрібно мати на увазі, що витрати на хімічний захист надалі (4-й і подальші роки) буде зростати за рахунок виникнення резистентності і зміни асортименту препаратів на більш сучасні, а відтак більш дорогі.

У перерахунку ж на десятирічний період існування розсадника витрати на хімічні препарати, будуть значно перевищувати вартість реалізації запропонованої програми у перші три роки. Так, наприклад, порівняно до оригінальної програми (19,745 тис. грн) технологія із застосування Актари буде вимагати значно більших (у 35 разів) витрат (693,2 тис. грн).

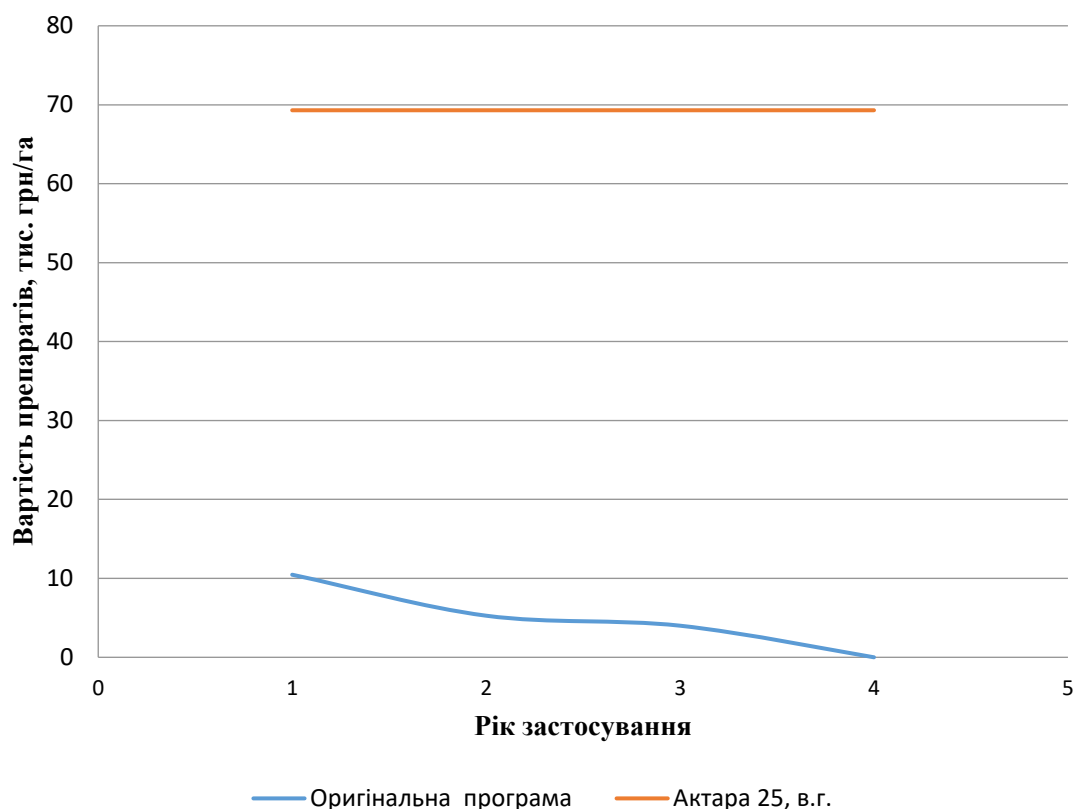


Рис. 6.1. Порівняльна вартість препаратів при хімічному захисті розсадника сосни звичайної і за реалізації оригінальної програми впливу на популяції ґрунтових фітофагів

Висновки до розділу 6.:

- для реалізації трирічної програми досягнення популяціями хрущів порогу зникнення на гектарі розсадника сосни звичайної необхідно 19 тис. 745 грн;
- значна частина вартості програми припадає на застосування (внесення у ґрунт) композиції Метаризин, 5% с.п. + *Steinernema feltiae* 1,0 – 1,2 млн – 67,3%;
- у перерахунку на десятирічний період існування розсадника витрати на хімічні препарати (наприклад, препарати на основі тіаметоксаму - Актара 25, в.г.), будуть у 35 раз перевищувати вартість реалізації запропонованої програми у перші три роки;

- додатковий біоценотичний ефект у перший рік реалізації програми відносно личинок та лялечок хрущів становить 87%, на другий та третій роки до нього додається 20% додаткового ефекту відносно яєць хрущів;
- технології побудовані на хімічному захисті характеризуються меншою ефективністю у підсумку, є небажаними у плані порушення екологічної рівноваги у лісовій екосистемі і не здатні повністю вирішити проблему ґрунтових фітофагів, виконуючи лише функцію стримування росту популяцій комплексу хрущів.

Основні наукові результати розділу опубліковані в працях автора [67].

ВИСНОВКИ

1. Встановлене порогове значення співвідношення біомаси кореневої системи дворічних сіянців сосни звичайної та личинок пластинчастовусих фітофагів: 1,71 для личинок першого і 0,75 – для личинок другого та третього віків.

2. Визначено, що період шкідливості в межах вегетаційного періоду для личинок комплексу хрущів доцільно розділити на три етапи: весна, літо, осінь, залежно від фенології фітофагів. Модель порогу шкідливості в осінній період враховує підвищення рівня імовірності загибелі рослини внаслідок ослаблення личинками хрущів у весняний та літній періоди, а також ефективність проведених заходів регулювання чисельності цих фітофагів.

3. Встановлена ефективність препаратів Боверин (*Beauveria bassiana*) та Метаризин (*Metarrhizium anisopliae*) відносно личинок пластинчастовусих: при обробці поверхні ґрунту: 92 і 95% відповідно, що дещо поступається Актарі – 97%, але протягом місяця залишкова ефективність Боверину (32%) та Метаризину (45%) істотно переважала ефективність хімічного інсектициду (12%).

4. Встановлено, що за функціональною активністю гонад та плодючістю самиць листя дуба черешчатого та суцвіття сосни звичайної є оптимальним субстратом для живлення хрущів.

5. Встановлено ритміку яйцекладки хрущів: перший період 5–7 днів, у цей період самиці відкладають від 17,8 до 29,4 % яєць незначної життєздатності (понад 45% гине); масова яйцекладка – 12–14 днів, відкладаються фізіологічно повноцінні яйця; третій період – 4–7 днів, самиці відкладають значну кількість фізіологічно неповноцінних яєць. Найбільшу загрозу насадженням становлять личинки, які відродились з яєць відкладених у період масової яйцекладки.

6. Встановлено просторову структуру розподілу лялечок хруща у шарах ґрунту: на глибині до 7 см концентрувалося 11,8% лялечок, рівень їх загибелі

на період весняної реактивації становить 65,2%. Причина загибелі: хижаки 42,1%, ентомопатогени 16,7, синоптичні аномалії 6,4% лялечок. У шарах 8-15, 16-24 та 25-35 см концентрувалося 80,6% лялечок, рівень загибелі 14,3-15,4%. Причина загибелі: хижаки – 2,1–6,7%, синоптичні аномалії – 0,8-2,8% лялечок. Життєздатна частина популяцій хрущів становить 84,6 – 85,7%, яка і є реальною загрозою насадженням.

7. Результати випробовування глютамінової кислоти у композиції із живильним концентратом лізином, хімічного інсектициду на основі тіаметаксаму та оригінальної композиції *Steinernema feltiae* 1,0–1,2 млн. + 5,0%-ний *Metarrhizium anisopliae* показали, що ефективність оригінального способу становила 84,3%, проти 69,8% із застосуванням глютамінової кислоти та лізину.

8. Встановлено, що підсумкова ефективність використання препарату Антихрущ Люкс к.с. відносно личинок хрущів у період їх 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. Встановлено, що у травні оптимальною для внесення біопрепаратів є глибина 10-30 см – де концентрується до 75% личинок; 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, тобто внесення препарату на цю глибину технологічно невиправдане.

10. Визначено, що при обробці поверхні ґрунту 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.

11. Встановлено, що за кількістю збережених рослин та за приростом пагонів протягом вегетації варіант із застосуванням Боверину показав вищі результати – 21,4 см на 50-ту добу після застосування (для Метаризину максимальне значення приросту на цей же термін 19,4 см, у контролі – 8,4 см).

12. Дослідження щодо смертності протягом вегетації личинок, лялечок та імаго західного травневого хруща залежно від концентрації конідій *Beauveria bassiana* та періоду їх внесення показали тенденцію нарощування ефективності протягом сезону, варіанти із концентрацією інфекційного матеріалу 20×10 та 50×10 наприкінці вегетації показали результати смертності на рівні 30 і 50% відповідно.

13. Встановлено, що висадженні по периметру розсадників, на відстані 2,0 і 2,5 м від краю насаджень такі чагарникові рослини, як жимолость козолиста (*Lonicera caprifolium* L.), дерен справжній (*Cornus mas* L), маслина вузьколиста (*Elaeagnus angustifolia* L.), скумпія звичайна (*Cotinus coggygria* Scop.) мають репелентну дію відносно хрущів, з метою підвищення регуляторної ролі ентомофагів у міжряддях доцільно висівати гречку звичайну;

14. Для оцінки загрози розсадникам сосни звичайної розроблено класифікаційний, у вигляді протоколу факторів індикаторів ризику і штрафних балів, що відповідають їм, та статистичний, на основі просторових розподілів випадів саджанців та пригнічення їх росту внаслідок живлення личинок на кореневій системі, методи. Результати апробації показали високий (4-ї категорії для класифікаційного та 4 бали для статистичного) рівень загроз розсаднику сосни звичайної.

15. 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.

16. Сконструйована система регулювання чисельності комплексу пластинчастовусих фітофагів, 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, дія і ефективність яких будуть наслідком насичення екосистеми біоагентами на попередньому етапі: хімічний метод вирішує поточну проблему, а біоагенти забезпечують стабільність і саморегуляцію екосистеми в цілому. Це вирішується шляхом їх застосування після або паралельно із хімічною обробкою протягом 3-4-х років, досягаючи для популяції фітофагів порогу зникнення. У перерахунку на десятирічний період вартість насичення екосистеми біоагентами у перші три роки будуть у 35 разів менші за витрати на хімічні препарати.

17. Визначено, що 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.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

З метою регуляції чисельності пластинчастовусих фітофагів за порогового значення 1,71 співвідношення біомаси кореневої системи дворічних сіянців сосни звичайної та личинок першого і 0,75 – личинок другого та третього віків доцільно застосовувати навесні 1-го 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 такі чагарники як жимолость козолиста (*Lonicera caprifolium* L.), дерен справжній (*Cornus mas* L.), маслина вузьколиста (*Elaeagnus angustifolia* L.), скумпія звичайна (*Cotinus coggygria* Scop.), а у міжряддях розсадників висівати гречку звичайну (*Fagopurum sagittatum* Gilib.), в період льоту імаго хрущів, на початку масової яйцекладки самиць, на ділянці, що відокремлює кущові рослини від розсадників, знищувати бур'яни шляхом механічного рихлення ґрунту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андреева О. Ю. Поширеність соснових пилющиків за типами рослинних умов у насадженнях Центрального Полісся. *Лісова типологія: наукові, виробничі, навчальні аспекти розвитку* : матеріали читань з нагоди дня народження Бориса Федоровича Остапенка (м. Харків, 14 берез. 2014 р.). Харків, 2014. С. 9-12.
2. Бахвалов С. А., Бахвалова В. Н., Мартемьянов В. В. Роль трофического фактора в динамике численности насекомых: анализ проблемы. *Успехи соврем. биологии*. 2006. 126. №1. С. 49-60.
3. Бахвалов С. А., Колтунов Е. В., Мартемьянов В. В. Факторы и экологические механизмы популяционной динамики лесных насекомых-филлофагов. Новосибирск : Издательство СО РАН, 2010. 299 с.
4. Безуглова О. С., Горовцов А. В., Полиенко Е. А., Лыхман В. А. О механизмах влияния внекорневой обработки растений гуматами на процессы мобилизации элементов питания в почве. *Биологически активные препараты для растениеводства. Научное обоснование, рекомендации, практические результаты* : материалы XIV Международной науч.-практ. конф. (г. Минск, 3-8 июля 2018 г.). Минск, 2018. С. 36-38.
5. Белецкий Е. Н., Станкевич С. В. Полицикличность, синхронность и нелинейность популяционной динамики насекомых и проблемы прогнозирования. Vienna : Premier Publishing, 2018. 138 с.
6. Белецкий Е. Н. Фитосанитарное прогнозирование на Украине: история, методология, пути совершенствования. *Защита и карантин растений*. 2015. № 12. С. 14-19.
7. Березина В. М. Личиночное питание восточного майского хруща. *Труды ВИЗР*. Москва. Вып.8. 1957. С.37-74.
8. Берриман А. Защита леса от насекомых-вредителей. Москва: Агропромиздат, 1990. 288 с.

9. Білик М. О. Довідник з біологічного захисту рослин. Харків : ХНАУ, 2016. 178 с.
10. Білик М. О., Станкевич С. В., Забродіна І. В. Патологія комах-фітофагів : навч. посіб. Харків : ФОП Бровін О.В., 2017. 186 с.
11. Богачева И. А. Глобальное потепление меняет роль кормовых растений в питании филлофагов. *Достижения энтомологии на службе агропромышленного комплекса, лесного хозяйства и медицины* : тезисы докл. XIII съезд Рус. энтомол. об-ва, (г. Краснодар, 9–15 сент. 2007 г.). Краснодар, 2007. С. 33–34.
12. Борисенко В. І. Видовий склад рослинних угруповань на землях, виведених із сільськогосподарського використання. *Карантин і захист рослин*. 2018. № 11-12. С. 22-24.
13. Борисова О. К. Изменения растительности и климата умеренных широт Южного полушария за последние 130000 лет (в сопоставлении с Северным полушарием) : автореф. дис. ... докт. географ. наук : 25.00.25. Москва, 2007. 45 с.
14. Бровко Д. Ф., Бровко О. Ф., Бровко Ф. М. Щодо оптимальної глибини садіння сіянців сосни звичайної на піщаних літоземах зеленої зони міста Києва. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України : Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*. Київ. 2016. вип. 216, ч.1. С. 101-109.
15. Бровко Ф. М. Особливості відтворення сосни звичайної у Ковельському лісництві Д. П. «Ковельське ЛГ». *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України : Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*. Київ. 2014. вип. 198, ч.2. С. 83-87.
16. Вакуленко В. В. Регуляторы роста и микроудобрения факторы повышения продуктивности культур. *Защита и карантин растений*. 2015. №3. С. 43.
17. Васильев В. П., Зацерковский В. А. Расчетный метод определения эффективности химических мер борьбы с вредителями. *Вредители*

сельскохозяйственных культур и лесных насаждений: В 3-х т. – Київ.: Урожай, 1989. Т.3. С. 400–402.

18. Вейзер Я. Микробиологические методы борьбы с вредными насекомыми (Болезни насекомых). Москва : Колос, 1972. 640 с.

19. Веріжнікова І. В., Фокін А. В. Капустянка звичайна (*Gryllotalpa gryllotalpa* L.). Київ : ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2004. 136 с.

20. Веріжнікова І. В., Фокін А. В. Капустянка звичайна: пороги шкодочинності. *Захист рослин*. 2003. №5. С. 16-18.

21. Витион П. Г. Создание конвеера цветущих нектаро-ароматических растений для питания энтомофагов. *Защита и карантин растений*. 2015. №7. С. 21-22.

22. Вірченко Н. О. Ляшко І. І. Графіки елементарних та спеціальних функцій: довідник. Київ: Наукова думка, 1996. 584 с.

23. Власова О. В. Науково-методичні основи еколого-меліоративного моніторингу агроландшафтів за даними дистанційного зондування Землі. *Збалансоване природокористування*. 2018. №1. С. 98-100.

24. Вовк Д. В. Использование некоторых видов пластинчатоусых жуков (Coleoptera: Scarabaeidae) в качестве индикаторов природных экосистем Украины. *Актуальные проблемы сохранения устойчивости живых систем : материалы 8 Международной науч. эколог. конф. (г. Белгород, 27-29 сент. 2004 г.)*. Белгород, 2004. С. 34-35.

25. Волкогон В. В., Димова С. Б., Волкогон Е. И., Короткая И. Г., Пирог А. В. Микробные препараты в технологиях выращивания сельскохозяйственных культур как фактор ограничения потерь питательных веществ. *Биологически активные препараты для растениеводства. Научное обоснование, рекомендации, практические результаты : материалы XIV Международной науч.-практ. конф. (г. Минск, 3-8 июля 2018 г.)*. Минск, 2018. С. 55-57.

26. Волосевич І., Прочуханова О., Яблоновська Т. Зміна клімату: ставлення населення, експертів та бізнесу в Україні. Київ : ТОВ «Інжиніринг», 2009. 56 с.

27. Гаранович И. М., Архаров А. В. Влияние сухого биогумуса на рост и развитие саженцев декоративных древесных растений. *Биологически активные препараты для растениеводства. Научное обоснование, рекомендации, практические результаты* : материалы XIV Международной науч.-практ. конф. (г. Минск, 3-8 июля 2018 г.). Минск, 2018. С. 63-65.
28. Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв. Москва : Наука, 1965. 280 с.
29. Гойсюк Ю. О., Василюк О. В. Аналіз функціонально-просторового стану мережі природно-заповідного фонду Хмельницької області. *Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень* : п'ята міжнар. наук.-практич. конф. (м. Чернівці, 19 квіт. 2018 р.). Чернівці : Друк-Арт, 2018. С. 226-228.
30. Голов'янюк З. С. Спроба пристосувати парадихлорбензол проти личинок лісового хруща (*Melolontha hippocastani* Fabr). *Серія наукових видань Українського зонального науково-дослідчого інституту лісового господарства й лісової промисловості*. Київ. Вип. 2. 1931. С. 5-48.
31. Головянюк З. І. Образ жизни хрущей (*Melolontha h.* и *Polyphylla f.*) в Хреновском бору Воронежской губ. II. Развитие и состояние корневой системы, как условие успешного развития сосен. (Оттиски из Трудов по Лесному Опытному делу, вып. XX I. 1909 г.). С.-Петербург : Тип. М.А. Александрова, 1909. 1 л. тит. л., 140 с.
32. Головянюк З. С. Меры борьбы с личинками хрущей. Затравка почвы полихлоридами бензола и парадихлорбензолом как мера борьбы с личинками майского и мраморного хрущей. Київ–Харків : Державне видавництво колгоспної і радгоспної літератури УСРР, 1935. 56 с.
33. Головянюк З. С. Мраморный хрущ, как вредитель лесных, виноградных и садовых культур на песках. Київ : Изд-во АН УССР, 1951. 148 с.
34. Головянюк З. С. Парадихлорбензол в борьбе с личинками мраморного хруща (*Polyphylla fullo* L.) на виноградниках Приднепровских песков. Київ : Гострест «Киев-Печать», 1927. 44 с., 7 л. табл.

35. Головянко З. С. Причины усыхания сосновых насаждений. Київ : Изд-во АН Украинской ССР, 1949. 44 с.
36. Григорюк І. П., Савченко Ю. М. Вплив біостимулятора «Регоплант» на процеси росту сіянців сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). *Біоресурси і природокористування*. 2014. № 5-6. С. 5-10.
37. Данилов Л. Г. Особенности экологии и распространения энтомопатогенных нематод в различных экосистемах. *Вестник защиты растений*. 2005. №1. С. 18-26.
38. Джорданенго Ф., Венсан Ш., Алехин А. Насекомые – вредители картофеля. Мировые перспективы биологии и управления. Москва : Издательство КМК, 2018. 605 с.
39. Диченко О.Ю. Екологічні закономірності динаміки популяцій шкідників буряків цукрових у центральному Лісостепу України : автореф. ... канд. сільськогосп. наук : 03.00.06. Дніпропетровськ, 2015. 24 с.
40. Дрозда В. Ф., Коренчук Є. В. Мармуровий хрущ (*Polyphylla fullo* L.) Особливості біології, поширення та шкідливість. *Ресурсозберігаючі технології та їх правова і економічна оцінка в сільськогосподарському виробництві* : тези доп. міжнарод. наук. конф. (м. Київ, 27–28 квіт. 2016 р.). Київ, 2016. С.154–155.
41. 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* : тези доп. міжнарод. наук. конф. (м. Київ, 27–28 квіт. 2016 р.). Київ, 2016. С.33–35.
42. Дрозда В. Ф., Коренчук Є. В. Специфіка, характер заселення та шкідливість травневих хрущів у лісових розсадниках. *Розвиток аграрної науки у ХХІ сторіччі* : тези доп. міжнарод. наук.-прак. інтернет-конф. (м. Миколаїв, 1 черв. 2016 р.). Миколаїв, 2016. С.7.

43. Дрозда В. Ф., Коренчук Е. В. Технологические приёмы защиты рассадников молодых культур сосны обыкновенной от пластинчатоусых фитофагов : труды международной науч.-практ. конф., посвященной 70-летию Досмухамбетова Темирхана Мынайдаровича (г. Алматы, Казахстан, 2019 г.). Алматы, 2019. Т.1. С. 256–261.
44. Жеребин П. М., Крутяков Ю. А. Стимуляторы роста, элиситоры, фунгибактерициды на основе коллоидного серебра. *Биологически активные препараты для растениеводства. Научное обоснование, рекомендации, практические результаты* : материалы XIV Международной науч.-практ. конф. (г. Минск, 3-8 июля 2018 г.). Минск, 2018. С. 28-31.
45. Жилкибаев О. Т., Шоинбекова С. А., Тукенова З. А., Ибраева М. А., Рымжанова З. А. Высокоэффективный органический регулятор роста растений на основе гуминовых и фульвовых кислот. *Биологически активные препараты для растениеводства. Научное обоснование, рекомендации, практические результаты* : материалы XIV Международной науч.-практ. конф. (г. Минск, 3-8 июля 2018 г.). Минск, 2018. С. 84-86.
46. Зборовська О. В., Краснов В. П., Ландін В. П., Захарчук В. А. Радіальний приріст сосни звичайної на моренних відкладах житомирського Полісся. *Агроекологічний журнал*. 2018. №1. С. 7-13.
47. Зверезомб-Зубовский Е. Опыты борьбы с личинками майского жука посредством сернистого углерода. Петроград : Тип. «Орбита», 1915. 14 с.
48. Знаменский А. В. Пособие для производства обследования энтомофауны почвы. Киев : ЦУП. ВСНХ. СССР, 1927. 58с.
49. Зубков А. Ф. Агробιοценологическая фитосанитарная диагностика. Ст-Пб., Пушкин : Изд-во ВИЗР, 1995. 386 с.
50. Зубков А. Ф. Агробιοценология как экспериментальный раздел биогеоценологии. *Успехи соврем. биологии*. 2005. №3. С. 247-259.
51. Зубков А. Ф. Использование показателя «вредоспособности вредителя» при оценке сортовой устойчивости : *Научные материалы 1-й Всеоссийской конф. по иммунитету растений к болезням и вредителям, посвященной 300-*

летию Санкт-Петербурга (г. Санкт-Петербург, 2002). Санкт-Петербург-Пушкин: 2002. С. 190-191.

52. Зубков А. Ф. Экспериментальный очерк о вредителях сахарной свеклы в Западной Сибири и взгляды на современную защиту растений. Санкт-Петербург : ВИЗР, 2003. 204 с.

53. Иванов С. П., Белановский И. Д., Ефименко М. С., Житкевич Е. Н., Приходкина Т. Д., Сиротин Н. Ф., Савченко Е. Н. Руководство к обследованию вредной энтомофауны почвы. Киев-Полтава : Держ. вид-во колгоспної і радгоспної літератури УССР, 1937. 302 с.

54. Иванова-Казас О. М. Очерки по сравнительной эмбриологии перепончатокрылых. Ленинград : Издательство ЛГУ, 1961. 268 с.

55. Исаев А. С., Пальникова Е. Н., Суховольский В. Г., Тарасова О. В. Динамика численности лесных насекомых-филлофагов: модели и прогнозы. Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2015. 264 с.

56. Исаев А. С., Овчинникова Т. М., Суховольский В. Г., Пальникова Е. Н., Тарасова О. В., Хлебопрос Р. Г. Отклик насекомых вредителей леса на будущие глобальные климатические изменения. Красноярск : Изд-во Ин-та леса СО РАН, 1998. 31 с.

57. Исаев А. С., Суховольский В. Г., Овчинникова Т. М., Бабой С. Д. Принцип универсальности при использовании моделей фазовых переходов второго рода для описания сукцессионных процессов в лесу. *Сибирский экологический журнал*. 2014. Т.21. вып.3. С. 345-354.

58. Исаев А. С., Овчинникова Т. М., Пальникова Е. Н., Суховольский В. Г., Тарасова О. В., Хлебопрос Р. Г. Динамика численности и устойчивость популяций лесных насекомых на низком уровне плотности. *Лесоведение*. 2014. вып.4. С. 3-11.

59. Иванова К. О. Мофологічні та біохімічні бар'єри стійкості сорго до шкідників. *Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку* : III Міжнародна наук.-практ. інтернет конф. (м. Київ, 7 черв. 2017р.). Київ, 2017. С.41-42.

60. Іванова К. О. Обґрунтування заходів захисту зернового сорго від основних комах-фітофагів в Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. сільськогосп. наук : 16.00.10. Київ, 2018. 24 с.
61. Кеннеди К. Экологическая паразитология. Москва: Мир, 1978. 232 с.
62. Климонтович Ю. Л. Введение в физику открытых систем. Москва: Янус-К, 2015. 290 с.
63. Коваленков В. Г. Антропогенные факторы и фитосанитарная дестабилизация. *Защита и карантин растений*. 2015. №9. С. 3-8.
64. Коваль А. Г., Гусева О. Г. Изменение комплекса насекомых-фитофагов как следствие потепления климата. *Защита и карантин растений*. 2008. №1. С.42-43.
65. Колтунов Е. В., Бахвалов С. А., Бахвалова В. Н., Жимерикин В. Н. Роль паразитоидов и вирусных инфекций в популяционной динамике массовых видов лесных насекомых-филлофагов. *Успехи современной биологии*. 2014. Т.134. вып. 3. С. 270-284.
66. Коренчук Є. В., Фокін А. В., Дрозда В. Ф. Порогове рівняння шкідливості личинок пластинчастовусих (Scarabaeidae, Melolonthinae) фітофагів. *Збірник наук. праць Уманського НУС. Агрономія*. 2019. Вип. 95. Ч.1. С. 226-236.
67. 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.
68. 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.
69. Коренчук Є., Дрозда В. Ф. Розподіл порогових значень шкідливості личинок пластинчастовусих фітофагів у часі. *Карантин і захист рослин*. 2019. № 5-6. С. 16-19.

70. Коржик В. П. Історико-географічні аспекти завдань збереження біорізноманіття. *Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень* : матеріали першої міжнарод. наук.-практич. конф. (м. Хотин, 10–12 квітня, 2014 р.). Чернівці : Друк-Арт, 2014. С. 275–277.
71. Космачевский А. С. Вредные почвенные насекомые и меры борьбы с ними. Москва : Гос. изд-во сельскохозяйственной литературы, 1959. 84 с. (Серия: Вредители и болезни сельскохозяйственных растений).
72. Костенко М. К. Вплив парадихлорбензолу на гробачків мармурового хруща (*Polyphylla fullo* L.) в залежності від часу внесення його до ґрунту. До питання про механізацію внесення парадихлорбензолу в ґрунт. *Труди Олешківської пісчано-меліоративної досвідної станції*. Цюрюпинське. Вип. 2. 1928. 28 с.
73. Кочерга М. О., Дрозда В. Ф. Штучне конструювання агроценозів як ефективна система збереження та накопичення корисної ентомофауни агроценозів ягідників. *Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень* : матеріали першої міжнарод. наук.-практич. конф. (м. Хотин, 10–12 квіт., 2014 р.). Чернівці : Друк-Арт, 2014. – С. 300–303.
74. Кузнецова В. В., Пальникова Е. Н. Факторы динамики численности боярышницы (*Aporia crataegi* L.) в пригородных насаждениях г. Красноярска. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2014. вып. 207. С. 55-56.
75. Лаверті М. Ф., Стерлінг Е. Дж. Огляд загроз для біорізноманіття. *Збірник матеріалів до курсу «Наукові основи збереження біорізноманіття»*. Київ : ТОВ «Статус Профі», 2015. 20 с.
76. Лаверті М. Ф., Стерлінг Е. Дж., Джонсон Е. А. У чому полягає значення біорізноманіття? *Збірник матеріалів до курсу «Наукові основи збереження біорізноманіття»*. Київ : ТОВ «Статус Профі», 2015. 16 с.
77. Леонтьев В. В., Халидов А. Б. Использование пластинчатых жуков (Coleoptera: Scarabaeidae) в качестве тест-объектов для биоиндикации окружающей среды. *Экологическая безопасность и здоровье людей в 21 веке* :

- материалы: статьи, краткие сообщения и тезисы докладов 6 Всероссийской науч.-практ. конф. (г. Белгород, 10-12 октяб. 2000 г.). Белгород, 2001. С. 37-38.
78. Любищев А. А. К методике количественного учета и районирования насекомых. Фрунзе: Тип. АН Киргизской ССР, 1958. 168 с.
79. Любищев А. А. К вопросу об установлении размера потерь, причиняемых вредными насекомыми. Защита растений. 1931. Т.VIII. №5–6. С. 472–488.
80. Любищев А. А. К методике экономического эффекта вредителей (хлебный пилильщик и узловая толстоножка). Труды по защите растений. 1931а. Т.I. Вып. 2. С. 359–505.
81. Любищев А. А. К методике полевого учета сельскохозяйственных вредителей и эффективности мероприятий по борьбе с ними. Ученые записки Ульяновского пед. ин-та. 1955. Вып. 6. С. 3–55.
82. Ляшенко Є. К План заходів щодо поліпшення збереження золотистого коконопряда (*Eriogaster catax* L.) (Lepidoptera, Lasiocampidae) на території Закарпаття. *Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень* : матеріали третьої міжнарод. наук.-практич. конф., (сmt. Путила – м. Чернівці, 13–14 трав. 2016 р.). Чернівці : Друк-Арт, 2016. С. 179–181.
83. МакГі Г. Лісовий екосистемний менеджмент: нова парадигма збереження лісового біорізноманіття. Науковий огляд. Київ : ТОВ «Статус-Профі», 2018. 40 с.
84. Мак Гоуен К. П., Кеслер Д. К., Райан М. Р. Управління видами, яким загрожує зникнення: методи і практика збереження рідкісних видів. *Збірник матеріалів до курсу «Наукові основи збереження біорізноманіття»*. Київ : ТОВ «Статус Профі», 2015. 14 с.
85. Маркіна Т. Ю. Розведення рідкісних комах як шлях до вирішення природоохоронних завдань. *Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень* : матеріали другої міжнарод. наук.-практич. конф. (сmt. Путила, 24–25 квіт. 2015 р.). Чернівці : Друк-Арт, 2015. С. 254–256.

86. Медведев С. И. Пластинчатоусые (Scarabaeidae) подсем. Melolonthinae, ч. 2 (хрущи). Фауна СССР. Жесткокрылые. Том X, вып. 2. Москва-Ленинград : Издательство АН СССР, 1952. 280 с.
87. Медведев С. И. Пластинчатоусые (Scarabaeidae) подсем. Melolonthinae, ч. 1 (хрущи). Фауна СССР. Жесткокрылые. Том X, вып. 1. Москва-Ленинград : Издательство АН СССР, 1951. 514 с.
88. Медведев С. И. Распространение вредных видов хрущей в Лесостепной и Степной зоне Украины. *Известия Харьковского энтомологического общества*. 1996. Т. 4. вып. 1-2. С.149-163.
89. Мешкова В. Л., Коленкина М. С. Дефолиация и санитарное состояние деревьев сосны в очаге рыжего соснового пилильщика в свежей субори (В₂) Луганской области. *Лесоразведение*. 2014. №1. С. 34-41.
90. Мешкова В. Л., Коленкіна М. С. Масові розмноження соснових пильщиків у насадженнях Луганської області. Харків : Планета-Прінт, 2016. 182 с.
91. Мешкова В. Л., Соколова І. М. Стовбурові шкідники незімкнених соснових культур у придонецьких борах. Харків : Планета-Прінт, 2017. 160 с., 6 с. іл.
92. Мешкова В.Л., Бобров І.О. Сосновий підкоровий клоп у насадженнях Новгород-Сіверського Полісся. Харків : Планета-Прінт, 2018. 182 с.
93. Мешкова В. Л., Байдик Г. В., Бережненко Ж. І. Динаміка пошкодження комахами листя дуба звичайного у полезахисних лісових смугах Харківської області. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Фітопатологія та ентомологія»*. 2018. № 1–2. С. 92–100. <https://knau.kharkov.ua/vfn201815.html>
94. Мешкова В. Л., Байдик Г. В., Бережненко Ж. І. Динаміка чисельності популяцій п'ядунів у лісових смугах лісостепової частини Харківської області. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Фітопатологія та ентомологія»*. 2019. № 1–2. https://knau.kharkov.ua/visn_fito_ento_201812.html

95. Мешкова В. Л., Омеліч А.Р., Рідкокаша А.Д. Ентомофаги стовбурових шкідників у соснових насадженнях Сумської області. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Фітопатологія та ентомологія»*. 2019. № 1–2. https://knau.kharkov.ua/visn_fito_ento_201812.html
96. Наро-Масієль Є., Стерлінг Е. Дж., Рао М. Природохоронні території та збереження біорізноманіття: планування та проектування. *Збірник матеріалів до курсу «Наукові основи збереження біорізноманіття»*. Київ : ТОВ «Статус Профі», 2015. 24 с.
97. Недорезов Л. В., Садыков А. М. О влиянии зимних погодных условий на динамику численности изолированной популяции насекомых. *Евразийский энтомологический журнал*. 2004. 3. №3. С. 169-172.
98. Некрасова О. Д., Титар В. М. Моделирование и компьютерный прогноз вероятности инвазии *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) в Днестровском бассейне. *Наукові засади природоохоронного менеджменту екосистем Каньйонового Придністров'я* : матеріали першої міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. сторіччю ботан. досл. у регіоні (м. Заліщики, 11–12 верес. 2014 р.). Львів : Ліга-Прес, 2014. С. 130–134.
99. Некрасова О. Д., Титар В. М. Популяционные особенности обитания бронзовки *Oxythyrea funesta* (Coleoptera: Scarabaeidae) в Приднепровье (Украина). *Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень* : матеріали другої міжнарод. наук.-практич. конф. (смт. Путила, 24–25 квіт. 2015 р.). Чернівці : Друк-Арт, 2015. С. 250–252.
100. Ніколз Е., Спектор С. Значення біорізноманіття безхребетних тварин. *Збірник матеріалів до курсу «Наукові основи збереження біорізноманіття»*. Київ : ТОВ «Статус Профі», 2015. 20 с.
101. Носкова О. Ю. Агроєкологічне обґрунтування вирощування люцерни при веденні органічного землеробства в умовах Присивашся : автореф. дис. ... канд. сільськогосп. наук : 03.00.06. Дніпропетровськ, 2015. 20 с.
102. Огиевский В. Д. Наставление к борьбе с майским хрущем. С.-Петербург : Тип. «Сельского Вестника», 1912. 30 с.

103. Олів'єрі Г., Радеспіел У. Природоохоронна генетика. *Збірник матеріалів до курсу «Наукові основи збереження біорізноманіття»*. Київ : ТОВ «Статус Профі», 2015. 22 с.
104. Пальникова Е. Н., Суховольский В. Г., Тарасова О. В. Пространственно-временная когерентность популяционной динамики лесных насекомых-филлофагов. *Евразийский энтомологический журнал*. 2014. Т.13. вып.3. С. 228-236.
105. Паразитические нематоды растений и насекомых : К 50-летию фитопаразитологических исследований в Институте паразитологии РАН / под ред. М. Л. Сонин. Москва : Наука, 2004. 320 с.
106. Писаренко П. В., Папка О. С. Ідея «Органічного росту» у системі гармонійного розвитку суспільства : монографія. Полтава : Сімон, 2016. С. 104-113.
107. Поликсенова В. Д., Лапунова Т. Н., Карпинчик Е. В., Тарасевич В. А. Перспективы использования гуанидинсодержащих препаратов для защиты растений. *Биологически активные препараты для растениеводства. Научное обоснование, рекомендации, практические результаты* : материалы XIV Международной науч.-практ. конф. (г. Минск, 3-8 июля 2018 г.). Минск, 2018. С. 162-164.
108. Положенцев П. О борьбе с майским хрущем (*Melolontha hippocastani* Fabr) в условиях Юга и Юго-Востока СССР. Пенза : Издание Пензенского лесотехнического института, 1932. 64 с. (приложение к 1 выпуску «Записок» Пензенского лесотехнического института).
109. Поляков И. Я., Левитин М. М., Танский В. И. Фитосанитарная диагностика в интегрированной защите. Москва : Колос, 1995. 208 с.
110. Пузріна Н. В., Бойко Г. О. Сучасні методи інтенсифікації вирощування садивного матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України : Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*. 2014. вип. 198, ч.2. С. 209-214.

111. Рао М., Наро-Масієль Є., Стерлінг Е. Дж. Природохоронні території та збереження біорізноманіття: управління та ефективність. *Збірник матеріалів до курсу «Наукові основи збереження біорізноманіття»*. Київ : ТОВ «Статус Профі», 2015. 29 с.
112. Ріфел С. К. Управління популяціями диких мисливських тварин. *Збірник матеріалів до курсу «Наукові основи збереження біорізноманіття»*. Київ : ТОВ «Статус Профі», 2015. 14 с.
113. Розенфельд В. В. Особливості використання біологічних фунгіцидів у лісових розсадниках. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України : Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*. 2014. вип. 198, ч. 2. С. 223-228.
114. Россиков К. Н. Борьба с мраморным хрущем на сыпучих песках и способы использования его паразитов: монография. С.-Петербург: Тип. М. Меркушева, 1910. 88 с. (Труды Бюро по энтомологии. Т. VIII, №5).
115. Руководство по водным ресурсам и адаптации к изменению климата. Geneva : Printed at United Nations, 2010. 128 с.
116. Савченко Ю. М. Оптимізація морфометричних показників сіянців рослин сосни звичайної. *Вісник аграрної науки*. 2016. №8. С. 47-51.
117. Селянина С. Б., Сизова Н. В., Зубов И. Н., Орлов А. С, Ярыгина О. Н., Труфанова М. В. Биологически активные препараты на основе липидов торфа. *Биологически активные препараты для растениеводства. Научное обоснование, рекомендации, практические результаты* : материалы XIV Международной науч.-практ. конф. (г. Минск, 3-8 июля 2018 г.). Минск, 2018. С. 172-174.
118. Сикало О. О., Чумак П. Я., Вигера С. М., Сильчук О. І. Основи захисту розсадників та ценозів декоративних рослин. Київ : Інтерсервіс, 2017. 562 с.
119. Сігарьова Д. Д., Харченко В. В. Ентомапатогенні нематоди в агроценозах України та методи їх виявлення. *Карантин і захист рослин*. 2018. №4-5. С. 17-20.

120. Скок С. В. Система індикації сталого розвитку аграрного сектору. *Публічне управління та адміністрування у процесах економічних реформ* : матеріали II Всеукраїнської наук.-пакт. конф. (м. Херсон, 19 квітня, 2018 р.). Херсон, 2018. С. 106-108.
121. Спосіб довготривалого контролю чисельності ґрунтоживучих фітофагів лісових розсадників і молодих культур: пат. 112272 Україна: МПК А01G 1/00. № у 201606009; заявл. 03.06.2016; опубл. 12.12.2016. Бюл. № 23.
122. Спосіб попередження заселення лісових розсадників та молодих культур пластинчастовусими фітофагами: пат 110216 Україна: МПК А01G 13/00. № у 201604422; заявл. 21.04.2016; опубл. 26.09.2016. Бюл. № 18.
123. Спосіб захисту розсадників та молодих культур сосни звичайної від пластинчастовусих фітофагів: пат. 131691 Україна: МПК А01М 1/00, А01М 5/00. № у 201808196; заявл. 25.07.2018; опубл. 25.01.2019. Бюл. № 2.
124. Стамо П. Д. Коваленков В. Г. Опыт применения биометода на Ставрополье. *Защита и карантин растений*. 2015. №3. С. 7-10.
125. Станкевич С. В., Забродіна І. В. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур : навч. посіб. Харків : ФОП Бровін О.В., 2016. 216 с.
126. Станкевич С. В. Управління чисельністю комах-фітофагів : навч. посіб. Харків : ФОП Бровін О.В., 2015. 178 с.
127. Стригун А. А. Вредоносность сосущих вредителей. *Защита и карантин растений*. 2014. №6. С. 28-32.
128. Стригун А. А., Трибель С. А., Гаманова О. Н. Пластинчатоусые фитофаги и их вредность посевам сельскохозяйственных растений. *Защита растений*. 2015. вып. 39. С. 204-226.
129. Стригун О. О. Реакція злакових мух на стійкість сортів пшениці озимої м'якої. *Карантин і захист рослин*. 2015. №10. С. 1-3.
130. Стригун О. О. Трибель С. О., Судденко Ю. М. Стійкість проти клопа черепашки. *Карантин і захист рослин*. 2015. №12. С. 1-4.

131. Стригун О. О. Стійкість сортів пшениці озимої та їх використання проти шкідників в інтегрованому захисті в Лісостепу України : автореф. дис. ... докт. сільськогосп. наук : 16.00.10. Київ, 2016. 45 с.
132. Суховольский В. Г., Овчинникова Т. М., Бабой С. Д. Высотно-поясная зональность древесных пород в горных условиях Саян: модель экологических фазовых переходов второго рода. *Журнал общей биологии*. 2014. Т.75. вып. 1. С. 38-47.
133. Суховольский В. Г., Пономарев В. И., Соколов Г. И., Тарасова О.В., Красноперова П. А. Непарный шелкопряд *Lymantria dispar* L. на Южном Урале: особенности популяционной динамики и моделирование. *Журнал общей биологии*. 2015. вып. 3. С. 179-194.
134. Танский В. И. Биологические основы вредоносности насекомых. Москва : ВО «Агропромиздат», 1988. 184 с.
135. Тараненко А. О. Агроекологічна оцінка стану ґрунтової біоти сільськогосподарських угідь Полтавської області : автореф. дис. ... канд. сільськогосп. наук : 03.00.06. Дніпропетровськ, 2014. 20 с.
136. Тарасова О. В., Калашникова И. И., Кузнецова В. В. Энергетический баланс потребления корма насекомыми-филлофагами: оптимизационная модель. *Сибирский лесной журнал*. 2015. № 3. С. 83-92.
137. Титар В. М., Козиненко И. И. Использование ГИС-технологии для прогнозирования распространения и динамики видового состава фауны Украины в условиях глобальных изменений климата. *Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень* : матеріали другої міжнарод. наук.-практич. конф. (сmt. Путила, 24–25 квіт. 2015 р.). Чернівці : Друк-Арт, 2015. С. 229–232.
138. Третьяк П.-А. Р. Національні інформаційно-аналітичні системи моніторингу біорізноманіття. *Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень* : матеріали другої міжнарод. наук.-практич. конф. (сmt. Путила, 24–25 квіт. 2015 р.). Чернівці : Друк-Арт, 2015. С. 268–270.

139. Трибель С. О., Сігарьова Д. Д., Секун М. П., Іващенко О. О. Методики випробування і застосування пестицидів. Київ: Світ, 2001. 448 с.
140. Трибель С. О., Стригун О. О., Гаманова О. М. Найпоширеніші в Україні пластинчастовусі фітофаги і їх шкідливість. *Захист і карантин рослин*. 2014. вип.60. С. 386-414.
141. Трибель С. О. Стригун О. О., Гаманова О. М. Шкідливість внутрішньостеблових фітофагів зернових колосових культур та методи захисту. *Карантин і захист рослин*. 2014а. №10-11. С. 1-6.
142. Трошанин П. Г. Хрущи и борьба с ними в лесном хозяйстве. Москва : Лесная промышленность, 1966. 159 с.
143. Тыщенко В.П. Основы физиологии насекомых. Ч. 1. Физиология метаболических систем. Ленинград : Изд-во ЛГУ, 1976. 364 с.
144. Тыщенко В.П. Основы физиологии насекомых. Ч. 2. Физиология информационных систем. Ленинград : Изд-во ЛГУ, 1977. 303 с.
145. Фокин А. В. Куры против хрущей. Страницы истории защиты растений. *Актуальные вопросы энтомологии : труды Ставроп. отд. Русск. энтомол. об-ва* : междунар. науч.-практ. конф., (г. Ставрополь, 30 мая 2012 г.). Ставрополь, 2012. С. 18–20.
146. Фокин А. В. Макро- и микропороги вредности в защите растений. *Защита и карантин растений*. 2012. №7. С.17.
147. Фокин А. В. Обоснование уровней вредоносности почвенных фитофагов. *Достижения энтомологии на службе агропромышленного комплекса, лесного хозяйства и медицины* : тезисы XIII съезд Рус. энтомол. об-ва (г. Краснодар, 9–15 сент. 2007 г.). Краснодар, 2007. С. 211–213.
148. Фокин А. В. Расчет порогов вредоносности почвенных вредителей. *Защита и карантин растений*. 2005. №3. С. 70-71.
149. Фокин А. В. Уровни вредоносности западного кукурузного жука *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte. *Вестник защиты растений*. 2006. №1. С. 61–62.

150. Фокін А. Методи моніторингу ґрунтових фітофагів. *Agroexpert*. 2009. №7-8. С. 26-27.
151. Фокін А. Травневі хрущі: біологія та засоби регулювання чисельності. *Agroexpert*. 2010. №5. С.38–41.
152. Фокін А. В. Визначення комплексних порогів шкідливості ґрунтових фітофагів. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. 2006. Вип.102. С. 143–146.
153. Фокін А. В. Визначення ступеня фітофагії у ґрунтових комах. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. Київ. 2007. Вип.105. С. 156-161.
154. Фокін А. В. Вплив хвиль тепла на поширення картопляної молі у Харківській області. *Карантин і захист рослин*. 2016. №5. С.18.
155. Фокін А. В. Ґрунтові фітофаги: енергетична концепція визначення рівнів та порогів шкідливості. Київ : Видавництво «Колобіг», 2008. 152 с.
156. Фокін А. В. Оптимальний рівень втрат урожаю для визначення порогів шкідливості ґрунтових фітофагів. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. Київ. 2007. Вип.109. С. 139-146.
157. Фокін А. В. Основні принципи групування шкідників для визначення комплексних порогів шкідливості. *VII з'їзд Укр. ентомол. тов. : тези доп. з'їзду* (м. Ніжин, 14–18 серпня 2007 р.). Ніжин, 2007б. С. 146.
158. Фокін А. В. Оцінювання рівнів шкідливості ґрунтових фітофагів за допомогою теореми мінімакса. *Вісник Харківського Національного аграрного університету. Серія «Ентомологія та фітопатологія»*. Харків. 2013. №10. С. 174-178.
159. Фокін А.В. Оптимізація структури захисту рослин від шкідників. Київ: Вид-во «Колобіг», 2011. 144 с.
160. Фокін А. В. Принципи фрактальної фітосанітарної діагностики агроценозу. *Карантин і захист рослин*. 2015. №4. С.16-18.
161. Фокін А. В., Доля М. М., Веріжнікова І. В. Прогноз та реконструкція інвазій комах-фітофагів. Київ : Фенікс, 2017. 184 с., іл.

162. Фокін А. В. Прогнозування фантомних ареалів карантинних фітофагів в умовах зміни клімату. *Карантин і захист рослин*. 2016. №1. С.15-16.
163. Фокін А. В. Процедура коригування прогнозних моделей поширення карантинних фітофагів в умовах змін клімату. *Карантин і захист рослин*. – 2015. №10. С.15-17.
164. Фокін А. В. Травневі хрущі на суницях. *Карантин і захист рослин*. 2004. №5. С.29–30.
165. Фокін А.В. Їздець *Latibulus argiolus* Rossi. Поведінка та екологія. Київ: Вид-во «Колобіг», 2005. 80 с.
166. Фрілер К., Майнсхаузен М., Хеєр Б. Спекотний полудень для 2°C. Національний екологічний центр України, 2009. 11с.
167. Фурдичко О. І. Екологічні основи збалансованого розвитку агросфери в контексті європейської інтеграції України : автореф. дис. ... докт. сільськогосп. наук : 03.00.06. Дніпропетровськ, 2015. 48 с.
168. Фурдичко О. І. Екологічні основи збалансованого розвитку агросфери в контексті європейської інтеграції України. Київ : ДІА, 2014. 432 с.
169. Хански И. Ускользящий мир: экологические последствия утраты местообитаний. Москва : Издательство КМК, 2015. 340 с.
170. Холодковский Н. А. Курс энтомологии теоретической и прикладной. Том 2. Москва – Ленинград : Государственное издательство, 1929. – 400 с. (Пособия для высшей школы).
171. Хрипач В. А., Литвиновская Р. П. Фитогормональные стероиды – универсальные природные биорегуляторы и основа препаратов для экологического земледелия. *Биологически активные препараты для растениеводства. Научное обоснование, рекомендации, практические результаты* : материалы XIV Международной науч.-практ. конф. (г. Минск, 3-8 июля 2018 г.). Минск, 2018. С. 24.
172. Циновский Я. П. Биологические основы установления прогноза окукливания личинок майских жуков. Рига : Издательство АН Латвийской ССР, 1958. 338 с., 41 л. табл.

173. Чоботько Г. М., Райчук Л. А. Ідентифікація параметрів у моделюванні біологічних систем на прикладі лісової екосистеми. *Агроєкологічний журнал*. 2018. №1. С. 14-20.
174. Шевчук І. В., Дрозда В. Ф. Технологічні особливості захисту кісточкових садів від домінуючих фітофагів. *Садівництво. Зб. наук. праць Інституту садівництва УААН*. 2016. С. 88–96.
175. Шеффер М., Хейр Б., Роча М., Рогел Дж. Адекватность и выполнимость долгосрочного глобального лимита в 1,5°C. Киев : Нац. Экол. Центр Украины, 2013. 42 с.
176. Шуканов В. П., Корытько Л. А., Мельникова Е. В., Полянская С. Н. Применение росторегулирующих препаратов для улучшения биометрических показателей однолетних сеянцев сосны. *Биологически активные препараты для растениеводства. Научное обоснование, рекомендации, практические результаты* : материалы XIV Международной науч.-практ. конф. (г. Минск, 3-8 июля 2018 г.). Минск, 2018. С. 218-220.
177. Ященко С. А. Ефективність використання індикаторів біорізноманітності агроєкосистем за умов різного антропогенного навантаження : автореф. дис. ... канд. сільськогосп. наук : 03.00.06. Дніпропетровськ, 2014. 20 с.
178. Ahmed M. Mz., Elhassan A.M., Kannan H.O. Use of combined economic threshold level to control insect pests on cotton. *J. Agr. and Rur. Dev. Trop. and Subtrop.* 2002. 103. № 2. P. 147-156.
179. Benker U., Leuprecht B. Bekämpfungserfahrungen im Spessart und Vorkommen von Maikafern und verwandten Scarabaeiden in Bayern. *Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst.* 2004. 56. №5. S. 95-98.
180. Berner M., Schnetter W. Nematoden zur Bekämpfung von Maikafer-Engerlingen. *Laimburg J.* 2004. 1. №2. P. 309–314.
181. Bilde T., Topping C. Life history traits interact with landscape composition to influence population dynamics of a terrestrial arthropod: A simulation study. *Ecosci.* 2004. 11. № 1. P. 64-73.

182. Bondaz F., Junod E., Lantelme C., Peppellin L. Controle de leclasion des adultes de *Melolontha melolontha* (L.) en 1989 en Valle d'Aoste (Italie). *Laimburg J.* 2004. 1. №2. P. 179–180.
183. Brenner H. Beobachtungen uber den Beginn von Maikaferlugen nach der Temperatursummenregel von Horber. *Laimburg J.* 2004. 1. №2. P. 181–182.
184. Brenner H. Bisherige Erfahrungen mit pilzbewachsenen Gerstenkomern (*Beauveria brongniartii*) zur direkten Engerlingsbekämpfung im Kanton Thurgau. *Laimburg J.* 2004. 1. №2. P. 270–272.
185. Cate P.C. Maikaferfluge in Österreich 1949-2000 – Erste vorläufige Auswertungen (Coleoptera, Scarabaeidae, *Melolontha melolontha* (L.) und *M. hippocastani* (F.)). *Laimburg J.* 2004. 1. №2. P. 146–157.
186. Chen-Charpentier B., Leite M. C. A. A model for coupling fire and insect outbreak in forests. *Ecol. Model.* 2014. V. 286. P. 26-36.
187. Coyle D. R., Mattson W. J. Jr., Friend A. L., Raffa K. F. Effects of an invasive herbivore at the single plant scale do not extend to population-scale seedling dynamics. *Can. J. For. Res.* 2014. V.44. №1. P.8-16.
188. Duverney C., Petitjacques U. Essais de lute chimique contre les vers blancs, larves du hanneton (*Melolontha melolontha* L.) sur vergers de pommiers en Vallee d'Aoste (Italie). *Laimburg J.* 2004. 1. №2. P. 315–319.
189. Flower A., Gavin D. G., Heyerdahl E. K., Parsons R. A., Coch G. M. Drought-triggered western spruce budworm outbreaks in the interior Pacific Northwest: A multi-century dendrochronological record. *Forest ecology and management.* 2014. V.324. P.16-27.
190. Gilioli G. Baumghartner J., Vacante V. Biological control as an ecosystem management to for enhancing environmental sustainability. *Redia.* 2003. 86. P. 173-185.
191. Hunter M. D., Kozlov M. V., Itamies J., Pulliainen E., Back J., Kyro E.-M., Niemela P. Current temporal trends in moth abundance are counter to predicted effects of climate change in an assemblage of subarctic forest moths. *Global Change Biology.* 2014. V. 20. №6. P. 1723-1737.

192. Jung K., Zimmermann G., Ruther J., Gonschorrek J. Friilanderprobung neuer bekampfungsstrategien mit *Beauveria brongniartii* gegen die Kafer des Waldmaikafers, *Melolontha hippocastani* F. Mit. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirt. Berlin-Dahlem. 2002. № 390. S. 460.
193. Keller S. Bekämpfung von Maikafer-Engerlingen mit dem Pilz *Beauveria brongniartii* in der Schweiz. *Laimburg J.* 2004. 1. №2. P. 158-164.
194. Keller S. Engerlingn-Vorkommen und Bekämpfung in der Schweiz. *Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst.* 2004a. №5. S. 88-90.
195. Keller S. Versuche zur Bekämpfung von Maikafer-Engerlingen durch Bodenbehandlungen mit dem Pilz *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch. *Laimburg J.* 2004. №2. P. 265-269.
196. Kerstin J. Neue Bekämpfungserfahrungen mit *Beauveria brongniartii* zur Regulierung von Waldmaikaferpopulationen in Sudhessen. *Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst.* 2004. №5. S. 120-124.
197. Kessler Ph., Enkerl J., Schweize Cr., Keller S. Survival of *Beauveria brongniartii* in the soil after application as a biocontrol agent against the European cockchafer *Melolontha melolontha*. *Biocontrol.* 2004. №5. P. 563-581.
198. Klemola T., Andersson T., Ruohomaki K. Delayed density-dependent parasitism of egg and pupae as a contributor to the cyclic population dynamics of the autumnal moth. *Oecologia.* 2014. V.175. №4. P.1211-1225.
199. Kula E., Peslova A., Martinek P. Effects of nitrogen on bionomics and food consumption of *Cabera pusaria* (Lepidoptera : Geometridae). *Ent. fennicav.* 2014. V. 25. №1. P.6-15.
200. Longpre B. The Melolontha problem in the apple production area of the Limousin region in France. *Laimburg J.* 2004. 1. №2. P. 183-185.
201. Louda S. M., Pemberton R. W., Johnson M. T., Follett P. A. Nontarget effects – the Achilles' heel of biological control? Retrospective analyses to reduce risk associated with biocontrol introduction. *Annual Review of Entomology.* Vol. 48. Palo Alto (Calif.), 2003. P. 365-396.

202. Low P. A., McArthur C., Fisher K. Elevated volatile concentrations in high-nutrient plants: do insect herbivores pay a high price for good food? *Ecol. Ent.* 2014. V. 39. №4. P.480-491.
203. Moeser J., Vidal S. How to measure the food utilization of subterranean insects: A case study with the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*). *Appl. Entomol.* 2005. 129. №1. P. 60-63.
204. Meshkova V., Nazarenko S., Kolienkina M. *Diprion pini* L. (Hymenoptera, Symphyta, Diprionidae) population dynamics in the Low Dnieper region. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*. 2019. Vol. 61 (1). P. 22–29. (Scopus)
205. Meshkova, V., Kukina, O., Zinchenko, O., Davydenko, K. Three-year dynamics of common ash defoliation and crown condition in the focus of black sawfly *Tomostethus nigritus* F. (Hymenoptera: Tenthredinidae). *Baltic Forestry*. 2017. 23(1). P. 303-308. (Web of Science)
206. Meshkova V. Evaluation of injuriousness of stem insects in pine forest. *Наукові праці НЛТУУ*. 2017. Вип. 27(8). 12 с.
207. Meshkova, V., Bobrov, I. Parameters of *Pinus sylvestris* health condition and *Ips acuminatus* population in pure and mixed stands of Sumy region. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 2020. (20). P. 131-140. DOI: <https://doi.org/10.15421/412012>
208. Otway S. J., Hector A., Lawton J. H. Resource dilution effects on specialist insect herbivores in a grassland biodiversity experiment. *J. Anim. Ecol.* 2005. 74. №2. P. 234-240.
209. Peters A. Bekämpfung von Scarabaeiden mit entomopathogenen Nematoden: Möglichkeiten und Grenzen. *Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst.* 2004. №5. S. 99-102.
210. Reilly J. R., Hajek A. E., Liebhold A. M., Plymale R. Impact of *Entomophaga maimaiga* (Entomophthorales : Entomophthoraceae) on outbreak Gypsy Moth populations (Lepidoptera : Erebidiae): The Role of Weather. *Environ. Entomology*. 2014. V.43. №3. P. 632-641.

211. Schroter H. Eine integrierte strategie zur regulierung der Waldmakafer (*Melolontha hippocastani* F.) – Populationen in der nordlichen Oberrheinebene. *Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst.* 2004. №5. S. 103-107.
212. Schweigkofler W. Occurrence of the cockchafer *Melolontha spp.* and other noxion scarabaeid beetles in Northen Italy and strategies of their control: An overview. *Laimburg J.* 2004. №2. P. 176–178.
213. Siira-Pietikainen A. J., Haimi J. Siitonen Short-term responses of soil macroarthropod community to clear felling and alternative forest regeneration methods. *Forest Ecol. and Manag.* 2003. № 2-3. P. 339-353.
214. Stout M. J., Zehnder G. W., Baur M. E. Potential for the use of elicitors of plant resistance in arthropod management programs. *Arch. Insect Biochem. and Physiol.* 2002. 51. №4. P. 222-235.
215. Strasser H. Assessment of scarab infestation in Austria. *Laimburg J.* 2004. №2. P. 171-175.
216. Sweaney N. D., Lindenmayer B., Driscoll D. A. Is the matrix important to butterflies in fragmented landscapes? *J. Insect Conservation.* 2014. №3. S. 283-294.
217. Trzebitzky C., Schmid-Vielgut B. Naturliche Durchseuchung und Versuche mit *Metarhizum anisopliae* (Metsch.) Sorokin und *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch beim Waldmaikafer *Melolontha hippocastani*. *Laimburg J.* 2004. №2. P. 254-258.
218. Tscharntke T., Brandl R. Plant-insect interactions in fragmented landscapes *Annual Review of Entomology.* Vol. 49. Palo Alto (Calif.), 2004. P. 405-430.
219. White grubs. *Bull. OEPP.* 2005. 35. №1. P. 229-232.
220. Wilson M., Gaugler R. Factor limiting short-term persistence of entomopathogenic nematodes. *J. Appl. Entomol.* 2004. № 4. P. 250-253.
221. Young A. B., Cairns D. M., Lafon C. W., Moen J. Geometrid moth outbreaks and their climatic relations in northern Sweden. *Arctic Antarctic and Alpine Research.* 2014. V.46. №3. P. 659-668.

222. Zhang X., Lei Y., Ma Z., Kneeshaw D., Peng C. Insect-induced tree mortality of boreal forests in eastern Canada under a changing climate .*Ecology and Evolution*. 2014. V.4. №12. P. 2384-2394.
223. Zimmermann G. Auftreten und Bekämpfung von Feld- und Waldmaikafer in Deutschland: Aktuelle Situation. *Laimburg J.* 2004. № 2. P. 165-170.
224. Zimmermann G. Vorkommen und Bekämpfung der Maikafer in Deutschland: Ein historischer Ruckblick. *Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst.* 2004. 56. №5. S. 85-87.

ДОДАТКИ