

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

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

БАБИЧ АНАТОЛІЙ ГРИГОРОВИЧ

УДК 632.651:632.93:582.3/.99(477)

**НЕМАТОДИ РОДИНИ HETERODERIDAE SCARBILOVICH, 1947 ТА
ПРИНЦИПИ КОНТРОЛЮ ЇХ ЧИСЕЛЬНОСТІ В БІОГЕОЦЕНОЗАХ
УКРАЇНИ**

06.01.11 «ФІТОПАТОЛОГІЯ»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів
мають посилання на відповідне джерело

А.Г.Бабич

КИЇВ-2021

АНОТАЦІЯ

Бабич А.Г. Нематоди родини Heteroderidae Scarbilovich, 1947 та принципи контролю їх чисельності в біогеоценозах України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук зі спеціальності 06.01.11 «Фітопатологія». Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2021.

У дисертаційній роботі теоретично обґрунтовано, експериментально підтверджено, узагальнено і представлено системний підхід до вивчення седентарних фітопаразитичних нематод родини Heteroderidae, розробки сучасного нематологічного моніторингу та екологічно безпечних заходів їх фітосанітарного контролю.

За період проведення наукових досліджень виявлено 12 видів гетеродерід. Найбільше видів – 10, належить до роду *Heterodera*: *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871 – бурякова нематода; *Heterodera medicaginis* Kirjanova, 1971 – люцернова нематода; *Heterodera trifolii* Goffart 1932 – конюшинна нематода; *Heterodera avenae* (Wollenweber, 1924) Krall et Krall, 1978 – вівсяна нематода; *Heterodera filipjevi* (Madzhidov, 1981), Stelter, 1984 – пшенична нематода; *Heterodera hordecalis* Anderson, 1974 – ячмінна нематода; *Heterodera humuli* Filipjev, 1934 – хмельова нематода; *Heterodera cruciferae* Franklin, 1945 – капустяна нематода; *Heterodera ripae* Subbotin, Sturhan, Waeyenberge, Moens, 1997 – струмкова нематода; *Heterodera galeopsidis* Goffart, 1936 – жабрієва цистоутворююча нематода.

Роди *Globodera* і *Punctodera* включають по 1 виду: *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923), Behrens, 1975 – золотиста картопляна нематода і *Punctodera punctata* (Thorne, 1928) Mulvey, Stone, 1976 – злакова цистоутворююча нематода.

Найбільших збитків нині завдають: бурякова, вівсяна, золотиста картопляна й хмельова нематоди. За накопичення високої чисельності

втрачають врожаю багаторічних трав зумовлюють: конюшина і люцернова цистоутворюючі нематоди. Потенційно небезпечною для конюшини є також жабрієва нематода; зернових колосових – пшенична і ячмінна цистоутворюючі нематоди; капусти – капустяна цистоутворююча нематода.

Для ідентифікації гетеродерід доцільно використовувати вдосконалений ключ визначення їх видового складу. Проведена нами апробація біохімічного та ПЛР аналізів засвідчила їх ефективність, однак зважаючи, на високу вартість сучасних методів діагностування, вважаємо доцільним їх застосування першочергово для визначення видового складу нових для науки та карантинних видів нематод.

Кращими календарними термінами проведення дистанційного моніторингу фітоценозів на ураженість гетеродерозами є остання декада червня, перша та друга декади липня. Оптимальною висотою аеровізуального первинного діагностування гетеродерозів рослин безпілотними літальними апаратами (БПЛА) є 50 м за швидкості польоту до 20 км/год. При виявленні локально поширених неоднорідностей рослинного покриву, такі ділянки підлягали повторному обстеженню з висоти 2-10 м. Виявлення аеровізуально осередків гетеродерід суттєво обмежувало площу обстеження таких фітоценозів традиційним маршрутним методом.

Для окомірного візуального обстеження фітоценозів на ураженість гетеродерозами ширина маршрутних смуг не повинна перевищувати 50 м. При густій рослинності, зокрема обстеженні багаторічних бобових трав, доцільним було зменшення ширини облікових смуг до 25 м.

Порівняльна оцінка різних способів детального маршрутного обстеження засвідчила переваги човниково-шахового методу, першочергово завдяки рівномірному охопленню всієї площі.

Створення електронних карт поширеності гетеродерозів із занесенням результатів нематологічного картування в базу пам'яті GPS

уможливлювало в наступних обліках відтворення маршруту, місць розташування виявлених раніше мікроосередків цистоутворюючих нематод, а надалі періодичне відстеження, уточнення і за необхідності коригування меж їх поширеності.

Оскільки найбільш проблемним залишається діагностування угідь на початкових етапах заселеності гетеродерідами, обов'язковою умовою зняття карантинних обмежень з певних територій має бути проведення біотестування ґрунту. Використання пірамідальних чи конусоподібних вставок уможливлювало здійснення спостережень за розвитком нематод не тільки на зовнішніх, але і на внутрішніх стінках ємності. Це забезпечувало в 2-3 рази вищу ефективність виявлення в біотестованому ґрунті особливо низьких щільностей нематод (100-200 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту). Проте оптимізація умов росту і розвитку рослин в лабораторно-вегетаційних умовах сприяла вищому потенціалу розмноження цистоутворюючих нематод порівняно з виробничими умовами, Тому, враховуючи переваги і недоліки лабораторного діагностування, нами було розроблено доступний і ефективний спосіб біологічного тестування ґрунту в польових умовах. Висока його достовірність досягалася завдяки дотриманню технологічних умов вирощування біотестованих рослин аналогічного виробничим. Використання даної методології забезпечувало також високу результативність первинної оцінки ефективності мікробіологічних препаратів, оскільки давало змогу розрахувати норму їх витрати на визначений об'єм за різної вихідної заселеності ґрунту гетеродерідами.

З метою запобігання розселення цистоутворюючих нематод із садивним матеріалом було створено пристрій для проведення аналізу зразків бульбо-коренеплідної продукції. Порівняльна оцінка модифікованого базового цистовиділювача і розробленого пристрою, засвідчила в 1,5-3 рази вищу ефективність виявлення, особливо низьких допосадкових щільностей золотистої картопляної нематоди.

Сівозміни є дієвим профілактичним заходом контролю чисельності цистоутворюючих нематод. В основному від частки рослин-живителів та їх ротаційного розміщення залежав рівень накопичення популяцій гетеродерід. Для запобігання масовому розмноженню гетеродерід максимальна насиченість сівозмін рослинами-живителями не повинна перевищувати: зернові колосові – 40%, картопля – 20% (10% сприйнятливі + 10% глободерозостійкі сорти), багаторічні бобові трави – 30% (посіви під покривом зернових колосових + багаторічні бобові – одно-дворічного використання).

Основними джерелами пасивного розселення цист в агроценозах є вітрова ерозія, садивний матеріал, засоби механічного обробітку ґрунту. Встановлено, що навіть за значної початкової строкатості заселення угідь, розселення цист разом з ґрунтом – знаряддями механічного обробітку, технічними засобами, вітровою і водною ерозією, а також і завдяки мінімальній міграційній здатності інвазійних личинок, з роками зумовлює поступове сполучення осередків цистоутворюючих нематод.

В біоценозах пасивне розселення цист нематод здебільшого відбувається факультативно ґрунтозаселяючими і землеріючими тваринами. Проте вплив біотичних чинників не призводить до різких сукцесій, що забезпечує популяціям цистоутворюючих нематод в біоценозах відносно сталі умови життя у визначених просторових межах.

Розподіл цистоутворюючих нематод за вертикальним профілем, насамперед, залежав від глибини залягання родючого шару, способів механічного обробітку ґрунту, видового складу фітонематод і вирощування певних рослин-живителів. Для запобігання диференціації оброблюваного шару за рівнем заселеності гетеродерідами, необхідно застосовувати комбіновану систему обробітку ґрунту, яка поєднує полицевий різноглибинний обробіток під технічні і просапні культури і безполицевий під інші культури.

Чітка синхронізація онтогенезу цистоутворюючих нематод і органогенезу рослин досягається завдяки генетично закріпленому механізму активації і призупинення фізіологічних процесів, а зміна біохімічного складу рослин-живителів протягом вегетації є основним регуляторним механізмом сезонного розмноження седентарних фітопаразитів. Багаторічна циклічність розвитку цистоутворюючих нематод, у відповідності з органогенезом типових для певних зон рослин-живителів, зумовила формування спадкової адаптації.

Найбільш активно личинки виплоджувалися із цист за стимулюючого впливу корневих виділень початкових фаз росту та розвитку рослин за оптимальної вологості 60-70% від повної вологоємкості. При цьому, на початку вегетаційного періоду, інтенсивність виплодження більше залежала від температурного режиму, а в літні періоди вегетації – лімітуючим чинником був рівень вологості ґрунту. За вегетаційний період вівсяна і золотиста картопляна цистоутворюючі нематоди завершують одну, а конюшинна та люцернова – переважно три генерації.

Різні модифікації стану спокою (короткотерміновий стан заціпеніння від декількох хвилин до кількох годин, тимчасова факультативна впродовж кількох днів – олігопауза; діапауза – типова однорічна; гіперпуза – багаторічна), висока екологічно-адаптивна здатність до перенесення несприятливих умов, наявність страхового фонду гіпердіапазуючих особин забезпечують виживання видів, навіть за десятирічної перерви між повторним вирощуванням рослин-живителів.

Достовірний прогноз потенційних втрат врожаю від рівня допосівної заселеності ґрунту цистоутворюючими нематодами дає змогу економічно обґрунтувати та диференціювати заходи захисту залежно від їх окупності.

Економічний поріг шкідливості вівсяної нематоди для вівса становить 100–125, пшениці ярої – 200–225, ячменю ярого – 225–250,

пшениці озимої – 275–300, жита озимого – 300–325, ячменю озимого – 325–350 яєць і личинок у 100 см³ ґрунту перед посівом злакових культур.

Для насіннєвих посівів ріпаку ярого економічний поріг шкідливості становить у межах 250–300, а озимого 300–350 яєць і личинок бурякової нематоди.

Статистично достовірне зниження урожайності конюшини лучної першого року вегетації відбувалося за вихідної заселеності близько 400, другого року – 350, насіннєвих посівів 200–250 яєць і личинок у 100 см³ ґрунту. Для фуражних посівів люцерни першого і другого років ці показники відповідно складають 450 і 550, а насінників – 300–350 яєць і личинок у 100 см³ ґрунту.

Серед сучасного асортименту протруйників, вимогам екологічної безпечності, найбільше відповідають мікробіологічні препарати. Поліфункціональний біопрепарат Аверстім (патент на винахід № 120688) включає етанольний екстракт біомаси штаму *S. avermitilis* IMB Ac-5015 з концентрацією авермектинів 100 мкг/мл і супернатанту культуральної рідини зазначеного вище штаму у співвідношенні 1:1, які до того ж містять комплекс біологічно активних речовин, в тому числі амінокислоти, ліпіди (фосфоліпіди, вільні жирні кислоти, стерини та ін.), стероли, фітогормони, біополімер хітозан, та із додаванням солей гумінових кислот із вільними амінокислотами та органо-мінеральним комплексом (1:24).

Поліфункціональні метаболічні препарати для передпосівної обробки насіння доцільно застосовувати за вихідної заселеності ґрунту цистоутворюючими нематодами, що не перевищує економічні пороги шкідливості понад три рази.

Поєднання імунологічного методу із застосуванням метаболічних препаратів поліфункціональної дії (фітозахисної, рістстимулюючої, адаптогенної) забезпечувало вищу ефективність біологічного очищення ґрунту від золотистої картопляної нематоди порівняно з використанням лише стійких сортів пасльонових культур.

ABSTRACT

Babich A. G. Nematodes of the family Heteroderidae (Scarbilovich, 1947): principles of their control in biogeocenosis of Ukraine. – The qualification scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Biological Sciences majoring in 06.01.11 «Phytopathology». National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, 2021.

A systematic approach to the study of sedentary phytoparasitic nematodes of the family Heteroderidae, the development of modern nematological monitoring and environmentally safe measures for their phytosanitary control has been theoretically justified, experimentally studied, generalised, and presented in this thesis. During the research period, 12 species of heteroderids were found. Most species – 10, belongs to the genus *Heterodera*: *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871 – beet; *Heterodera medicaginis* Kirjanova, 1971 – alfalfa; *Heterodera trifolii* Goffart 1932 – clover cyst nematode; *Heterodera avenae* (Wollenweber, 1924) Krall et Krall, 1978 – oats cyst nematode; *Heterodera filipjevi* (Madzhidov, 1981), Stelter, 1984 – wheat cyst nematode; *Heterodera hordecalis*, Anderson, 1974 – barley cyst nematode; *Heterodera humuli* Filipjev, 1934 – hops cyst nematode; *Heterodera cruciferae* Franklin, 1945 – cabbage cyst nematode; *Heterodera ripae* Subbotin, Sturhan, Waeyenberge, Moens, 1997; *Heterodera galeopsidis* Goffart, 1936.

The genera *Globodera* and *Punctodera* include 1 species each: *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923), Behrens, 1975 – golden potato and *Punctodera punctata* (Thorne, 1928) Mulvey, Stone, 1976 – cereal cyst-forming nematode. The economically significant species are sugar beet cyst nematode, oat cyst nematode, golden potato and hop cyst nematode. Clover and alfalfa cyst nematodes are species of economic importance for perennial legumes. The galeopsis nematode is also potentially dangerous to clover, whereas cyst nematodes can harm cereals (wheat and barley) and cabbage cyst nematode can

attack cabbage. In order to identify heteroderids, it is advisable to use an enhanced key to determine their species composition. Our assessment of biochemical and PCR testing proved their efficiency, however, due to the high cost of modern diagnostics methods, we consider it advisable to use them primarily to determine the species composition of novel and quarantine species of nematodes. The optimal dates for conducting aerial monitoring of phytocenoses for heteroderids' infestation are the last decade of June, the first-second decade of July.

The optimal height for primary aerial diagnostics of plant heteroderosis using unmanned aerial vehicles (UAVs) is 50 m at a flight speed of up to 20 km/h. When locally distributed vegetation inhomogeneities were detected, such areas were re-examined from the height of 2-10 m. Aerovisual detection of heteroderid areas significantly limited the area of examination of such phytocenoses applying the traditional routing method. For an eye-based visual examination of phytocenoses for heteroderosis damage, the width of Route strips should not exceed 50 m. with dense vegetation, in particular, the survey of perennial legumes, it was advisable to reduce the width of accounting strips to 25 m.

A comparative assessment of various methods of detailed route survey showed the advantages of the shuttle-chess method, primarily due to the uniform coverage of the entire area.

The development of electronic maps of the prevalence of heterodosis with recording of nematological mapping results in the GPS memory database enabled subsequent reproduction of routes, locations of the previously detected areas of cyst nematodes, as well as further recurrent tracking, clarification and, if necessary, adjustment of their prevalence limits.

Due to the fact that the most problematic issue is land diagnostics of at the initial stages of heteroderid infestation, soil biotesting should be a mandatory condition for lifting quarantine restrictions in certain areas. The use of pyramidal or conical-shaped inserts enabled observation over the development

of nematodes not only outside but also on the inner walls of the tank. It provided 2-3 times higher efficiency of detection of nematodes in the biotested soil, particularly in the low-density soil (100-200 eggs and larvae per 100 cm³ of soil). However, optimisation of plant growth and development process under laboratory and vegetation conditions contributed to a higher potential for reproduction of cyst nematodes as compared to production conditions. Therefore, upon the consideration of the advantages and disadvantages of laboratory diagnostics, we have developed an affordable and efficient method of biological testing of soil under field conditions. We managed to achieve high reliability by adhering to the technological conditions of growing of the biotested plants, which resemble the production processes. The use of this methodology also provided high performance of the initial assessment of the efficiency of microbiological products as it allowed to calculate their consumption rate for a certain volume depending on a different initial soil infestation with heteroderids.

In order to prevent the dispersal of heteroderid species with planting material, there was developed a device aimed at the analysis of samples of tuber and root crops. Comparative evaluation of the modified basic cyst separator and the developed device showed 1.5-3 times higher detection efficiency, especially low pre-planting density of the golden potato nematode.

Crop rotation is an efficient preventive measure to control the number of cyst nematodes. The level of accumulation of heteroderid populations largely depended on the share of host plants and their rotational distribution.

To prevent the mass accumulation of heteroderids, the maximum saturation of crop rotations with host plants should not exceed: cereal grains – 40%, potatoes – 20% (10% susceptible + 10% globodera-resistant varieties), perennial legumes – 30% (crops under the cover of cereal grains + perennial legumes – one-two years of vegetation).

The main sources of passive dispersal of cyst nematodes are wind erosion of the soil, planting material, and means of mechanical tillage. It was found that

even with a significant level of the initial diversity of agricultural lands, the dispersion of cysts together with the soil (through the tools, machinery, wind and water erosion), as well as due to the minimal migratory capacity of invasive larvae, causes a gradual concentration of cyst nematode areas in due course.

In natural phytocoenoses, the dispersal of heteroderids mainly occurs optionally by ground-digging animals and soil-dwelling insects. However, the impact of biotic factors does not lead to abrupt successions, which provides relatively stable living conditions within certain spatial limits to the populations of cyst nematodes in biocenoses.

The distribution of cyst nematodes by the vertical profile of the soil primarily depended on the depth of the fertile layer, the methods of its processing, the species composition of phytonematodes and the cultivation of certain host plants. To prevent the differentiation of the cultivated layer according to the level of heteroderid population, it is necessary to apply a combined tillage system (shelf tillage for technical and row crops, and non-shelf for other crops).

Clear synchronisation of the ontogenesis of cyst nematodes and plant organogenesis is achieved due to a genetically predetermined mechanism of activation and suspension of physiological processes, whereas the changes in the biochemical composition of host plants during the vegetation period constitute the main regulatory mechanism of seasonal reproduction of sedentary phytoparasites. The long-term cyclical development of sedentary nematodes, in compliance with the organogenesis of the host plants typical of certain areas, led to the formation of hereditary adaptation.

The most active larvae were bred from cysts under the stimulating effect of root secretions at the initial phases of plant growth and development at the optimum humidity of 60-80% of the total moisture capacity. At the same time, at the beginning of the vegetation period, the intensity of breeding depended mostly on the temperature regime, with the soil moisture level being limiting factor during the summer vegetation periods. During the vegetation period, oat

and golden potato cyst nematodes complete one generation, while clover and alfalfa nematodes complete almost three generations.

Various dormant state modifications (short-term dormancy lasting between a few minutes and several hours, temporary optional dormancy lasting for several days – oligopause; diapause – a typical annual dormancy; hyperpause – perennial dormancy), high ecological and adaptive ability to tolerate adverse conditions, presence of an insurance fund of the hyperdiapause individuals ensure the survival of species, even with a ten-year break between host plants recultivation.

A reliable forecast of potential crop losses based on the level of pre-sowing population of cyst nematodes enables the economic justification and differentiation of protection measures depending on their cost recovery potential.

The economic threshold of harmfulness of oat nematode for oats is 100-125, spring wheat – 200-225, spring barley – 225-250, winter wheat – 275-300, winter rye – 300-325, winter barley – 325-350 eggs and larvae in 100 cm³ of soil before sowing cereals.

For spring rapeseed seed crops, the economic threshold of harmfulness is in the range of 250-300, and for winter rapeseed 300-350 eggs and larvae of beet nematode.

A statistically significant decrease in the yield of Meadow clover in the first year of vegetation occurred at the initial population of about 400, in the second year – 350, seed crops of 200-250 eggs and larvae in 100 cm³ of soil. For feed alfalfa crops of the first and second years, these indicators are 450 and 550, respectively, and testes – 300-350 eggs and larvae in 100 cm³ of soil.

Among the pesticides currently available on the market, microbiological drugs are the only mostly compliant with the requirements of environmental safety.

Multifunctional biological product Averstim (patent for invention No 120688) includes ethanolic extract of biomass of strain *S. avermitilis* IMV Ac-

5015 with the concentration of avermectins in the amount of 100 µg/ml and supernatant of cell culture fluid of the above strain at a ratio of 1:1, which also contain a complex of biologically active agents, including amino acids, lipids (phospholipids, free fatty acids, sterines, etc.), sterols, phytohormones, chitosan biopolymer, along with the addition of humic acid salts with free amino acids and organo-mineral complex (1:24).

Polyfunctional metabolic preparations for pre-sowing seed treatment should be used on condition that the initial cyst nematodes population in the soil does not exceed the economic thresholds of harmfulness more than three times.

The combination of the immunological method with the use of compounds based on metabolites with multifunctional effect (plant defence, growth-stimulating, stress response-enhancing) provides higher efficiency of biological soil clean-up from golden potato cyst nematode in comparison with the exclusive use of resistant solanaceous crops varieties.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії

1. Бабич А. Г. Цистоутворюючі нематоди культурних фітоценозів України. К., 2012. 512. с.
2. Бабич О. А., **Бабич А. Г.** Фітонематоди хмелю та контроль їх чисельності. К., 2014. 723 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, підготовку розділів роботи, формулювання висновків).*
3. Сухарева Р. Д., **Бабич А. Г.**, Бабич О. А. Глободероз картоплі. – К., 2015. 513 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, підготовку розділів роботи, формулювання висновків).*
4. **Бабич А. Г.**, Саблук В. Т. Моніторинг та заходи захисту від бурякової нематоди. К., 2015. 508 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, підготовку розділів роботи, формулювання висновків).*
5. **Бабич А. Г.**, Бабич А. А. Цистообразующие нематоды Украины. К., 2016. 637 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, підготовку розділів роботи, формулювання висновків).*
6. Саблук В. Т., **Бабич А. Г.**, Шендрик К. М., Запольська Н. М., Бабич О. А. Шкідливі організми буряків цукрових: історія, сучасний стан вивчення, та заходи захисту. К., 2017. 893 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, підготовку розділів роботи, формулювання висновків).*
7. **Бабич А. Г.**, Шестеперов О. О., Бабич О. А. Мелойдогінози і гетеродерози сільськогосподарських культур. К., 2019. 690 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, підготовка розділів роботи, формулювання висновків).*
8. Iutynska G. O., Biliavska L. O., Babych O. A., Tsygankova V. A., **Babych A. G.** Plant protection and bioregulation in modern agriculture, ed. "Diamond trading". Warszawa, Poland, 2019. 111 p. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, підготовку та узагальнення матеріалів).*

Підручники, навчальні посібники

9. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А. Нематоди: навч. посібник. К., 2018. 436 с. *(Здобувачем проведено узагальнення літературних джерел, підготовку матеріалів, написання окремих розділів).*
10. Бабич О. А., **Бабич А. Г.**, Білявська Л. О. Кліщі та нематоди. Ч. 2. Нематоди: підручник. К., 2020. 844 с. *(Здобувачем проведено узагальнення літературних джерел, підготовку матеріалів, написання окремих розділів).*

Статті у наукових фахових виданнях України

11. Бабич А. Г. Шкодочинність бурякової нематоди на цукрових буряках. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2001. Вип. 37. С 79–81.
12. Бабич А. Г. Морфобіологічні особливості бурякової нематоди цукрових буряків. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2002. Вип. 53. С. 102–105.
13. Бабич А. Г. Вплив способів основного обробітку ґрунту на вертикальний розподіл в орному шарі цистоутворюючих нематод. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2003. Вип. 63. С. 90–93.
14. Бабич А. Г. Пристрій для аналізу бульбокоренеплодів на заселеність їх цистоутворюючими нематодами. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2003. Вип. 64. С. 51–54.
15. Бабич А. Г. Ефективність пригнічення злакових бур'янів-господарів вівсяної нематоди при вирощуванні олійних капустяних культур. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2004. Вип. 72. С. 115–118.
16. Мельник П. О., Коржук Р. Д., **Бабич А. Г.** Екологізація захисту картоплі від карантинного організму – золотистої цистоутворюючої нематоди *Globodera rostochiensis* Woll. Науковий вісник Національного

аграрного університету. 2005. Вип. 86. С. 117–122. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку та узагальнення отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).*

17. Бабич А. Г. Візуальний метод оцінки ступеня ураження сільськогосподарських культур і основні джерела поширення цистоутворюючих нематод. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2005. Вип. 91. С. 136–142.

18. Коржук Р. Д., Мельник П. О., **Бабич А. Г.** За допомогою агротехніки. Прийоми обмеження та шкідливості глободерозу в гірсько-карпатській зоні Західного Лісостепу. Карантин і захист рослин. 2006. № 5. С. 4–6. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*

19. Бабич А. Г. Вдосконалення бальної оцінки ураженості основних сільськогосподарських культур цистоутворюючими нематодами. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2006. Вип. 102. С. 138–143.

20. Бабич А. Г. Вдосконалення методів виявлення цистоутворюючих нематод у ґрунті. Збірник наукових праць Уманського державного аграрного університету. 2006. № 63. С. 280–285.

21. Бабич О. А., **Бабич А. Г.** Причини накопичення та особливості поширення цистоутворюючих нематод у сучасних агроценозах. Вісник Сумського національного аграрного університету. 2006. № 11–12 (12–13). С. 186–193. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*

22. Бабич А. Г. Гетеродероз цукрових буряків та заходи його регуляції. Наукові праці південного філіалу «Кримський агротехнологічний університет» Національного аграрного університету. 2007. Вип. 104. С. 61–67.

23. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А., Матвієнко О. П. Способи виявлення цистоутворюючих нематод та заходи контролю чисельності бурякової нематоди. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2007.

Вип. 109. С. 150–154. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку та узагальнення отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).*

24. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А. Визначення видового складу цистоутворюючих нематод поширених в Україні. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2007. Вип. 116. С. 233–240. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, формулювання висновків).*

25. Коржук Р. Д., **Бабич А. Г.** Моніторинг та заходи захисту від золотистої картопляної цистоутворюючої нематоди. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2008. Вип. 118. С. 72–79. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку та узагальнення отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).*

26. **Бабич А. Г.** Біолого-екологічні особливості розвитку основних видів цистоутворюючих нематод. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2008. Вип. 123. С. 129–136. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку та узагальнення отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).*

27. **Бабич А. Г.**, Коржук Р. Д. Екологічно безпечні заходи зниження зараженості ґрунту від золотистої картопляної нематоди при вирощуванні сільськогосподарських культур. Агроекологічний журнал. 2008. Спеціальний випуск. С. 22–26. *(Здобувачем проведено наукові дослідження, обробку та узагальнення отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).*

28. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А. Морфологічна ідентифікація цистоутворюючих нематод, поширених в Україні. Наукові доповіді Національного аграрного університету. 2008. № 1 (9). URL: <http://nd.nubip.edu.ua/2008-1/08bagsiu.pdf> *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку та узагальнення отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).*

29. **Бабич А. Г.**, Андрійчук Т. О., Деревинко О. С., Коржук Р. Д та ін. Біовіт – альтернатива пестицидному пресу. Наукові доповіді Національного аграрного університету. 2008. № 2 (10) 10 с. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*
30. Бабич О. А., **Бабич А. Г.** Особливості поширення та вдосконалення моніторингу хмельової цистоутворюючої нематоди. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2010. Вип. 145. С. 136–140. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*
31. Сігарьова Д. Д., **Бабич А. Г.**, Бабич О. А. Моніторинг паразитичних нематод хмелю. Захист і карантин рослин: Міжвідомчий тематичний науковий збірник. 2010. Вип. 56. С. 138–147. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, експериментальні дослідження, підготовку матеріалів до друку).*
32. **Бабич А. Г.**, Сухарева Р. Д., Бабич О. А., Матвієнко О. П. Оптимізація традиційних та адаптивних систем удобрення в осередках поширення цистоутворюючих нематод. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Основи біологічного рослинництва в сучасному землеробстві. 2011. С. 290–294. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*
33. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А. Основи новітнього моніторингу цистоутворюючих нематод. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2011. № 4 (26). URL: https://nd.nubip.edu.ua/2011_4/11bag.pdf *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*
34. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А. Виробниче біотестування ґрунту на заселеність цистоутворюючими нематодами. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України.

2011. № 1–2 (24). URL: https://nd.nubip.edu.ua/2011_2/11bag.pdf (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).

35. Сігарьова Д. Д., **Бабич А. Г.**, Бабич О. А. Паразитичні нематоди хмелю. Карантин і захист рослин. 2011. № 7. С. 4–6. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).

36. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А. Особливості онтогенезу цистоутворюючих нематод. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2011. Вип. 162. Ч. 2. С. 75–82. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).

37. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А. Матвієнко О. П. Вдосконалення методології візуального моніторингу цистоутворюючих нематод. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2011. Вип. 168. Ч. 3. С. 123–126. (Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).

38. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А., Матвієнко О. П. Вплив домінуючих біотичних та антропогенних чинників на поширення цистоутворюючих нематод. Агроекологічний журнал. 2012. № 3. С. 7–12 (Здобувачем проведено дослідження, обробку отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).

39. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А., Іванова К. О. Прогноз динаміки чисельності цистоутворюючих нематод у багатопільних сівоzmінах та з короткою ротацією. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2012. № 1-2 (31). URL: https://nd.nubip.edu.ua/2012_2/12bag.pdf (Здобувачем проведено аналітичні дослідження, узагальнення даних, підготовку матеріалів до друку).

40. **Бабич А. Г.,** Бабич О. А., Миронець С. С. Особливості вертикального розподілу і просторового поширення цистоутворюючих нематод. Вісник Сумського національного аграрного університету. Агрономія і біологія. 2013. Вип. 11 (26). С. 28–32. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*
41. **Бабич А. Г.,** Бабич О. А., Комарівська Н. І., Сухарева Р. Д. Концептуальні основи контролю чисельності цистоутворюючих нематод основних сільськогосподарських культур. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2013. Вип. 41. URL: https://nd.nubip.edu.ua/2013_5/4.pdf *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*
42. **Бабич А. Г.,** Сухарева Р. Д., Бабич О. А., Дзюба Ю. В. Видовий склад та зональна поширеність цистоутворюючих нематод в Україні. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2013. Вип. 42. URL: https://nd.nubip.edu.ua/2013_6/5.pdf *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*
43. **Бабич А. Г.,** Бабич О. А., Статкевич А. О. Ефективність комбінованої токсикації сходів буряків цукрових системними препаратами. Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. 2013. Вип. № 17, Т. 1. С. 391–393. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*
44. **Бабич А. Г.,** Сухарева Р. Д. Тривалість розвитку та динаміка чисельності золотистої картопляної цистоутворюючої нематоди в умовах західного Лісостепу України. Захист рослин і карантин. 2013. Вип. № 59. С. 285–293. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*

45. **Бабич А.**, Бабич О., Статкевич А., Радченко В. Ефективність передпосівної обробки насіннєвого матеріалу протруйниками від фітопаразитичних нематод. Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія. 2013. № 17 (2). С. 336–339. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*
46. Бабич О. А., **Бабич А. Г.**, Білявська Л. О. Ефективність хімічних засобів захисту проти фітопаразитичних нематод хмелю. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Біологія, біотехнологія, екологія. 2016. Вип. 234. С. 52–57. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку та узагальнення отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).*
47. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А., Статкевич А. О., Бондар В. А. Золотиста картопляна цистоутворююча нематода та заходи контролю її чисельності. Захист і карантин рослин. 2018. Вип. 64. С. 17–24. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*
48. **Бабич А. Г.**, Сухарева Р. Д., Бабич О. А., Приходько І. В. Прикладні проблеми виявлення та ідентифікації золотистої картопляної нематоди. Біологічні системи: теорія та інновації. 2020. № 4. С. 87–95. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

Статті у закордонних наукових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних

49. **Бабич А. Г.**, Бабич А. А., Ковальський О. В. Видовой состав и таксономическая структура цистообразующих нематод культурных и природных фитоценозов Украины. Российский паразитологический журнал. 2013. № 3. С. 111–117. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*

50. **Бабич А.Г.,** Бабич А. А., Тимченко А. В. Теоретические и прикладные проблемы прогнозирования потерь урожая от цистообразующих нематод. Российский паразитологический журнал. 2013. № 4. С. 38–42. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку та узагальнення отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).*
51. **Бабич А. Г.,** Бабич А. А., Дзюба Ю. В. Механизм регуляции онтогенеза цистообразующих нематод. Российский паразитологический журнал. 2013. № 4. С. 109–113. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку та узагальнення отриманих даних).*
52. **Бабич А. Г.,** Бабич А. А. Усовершенствование мониторинга распространения цистообразующих нематод. Российский паразитологический журнал. 2014. № 3. С. 122–129. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*
53. **Бабич А. Г.,** Бабич А. А. Концептуальные основы интегрированной защиты основных сельскохозяйственных культур от цистообразующих нематод. Российский паразитологический журнал. 2016. № 4. С. 568–574. *(Здобувачем проведено обробку та узагальнення отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).*
54. **Бабич А. Г.,** Бабич А. А., Белявская Л. А. Предпосевная обработка семян – эффективный прием защиты всходов растений от цистообразующих нематод. Российский паразитологический журнал. 2017. № 4. С. 392–394. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*
55. Бабич А. А., **Бабич А. Г.** Видовой состав и структура комплекса фитонематод цветочно-декоративных растений в условиях Голосеевского парка города Киева. Российский паразитологический журнал. 2018. № 2. С. 91–94. *Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

56. **Бабич А. Г.**, Бабич А. А. Пути расселения нематод семейства Heteroderidae. Российский паразитологический журнал. 2019. № 1. С. 85–89. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку та узагальнення отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).*

Патенти:

57. Патент України на винахід № 62534. Переносний цистовиділювач нематод для аналізу бульбокоренеплодів / Бабич А.Г. 16.05.2005, бюл. № 5.

58. Патент України на корисну модель № 124126. Спосіб біотестування ґрунту на заселеність цистоутворюючими нематодами / Бабич О.А., **Бабич А.Г.** 26.03.2018, бюл. № 6. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження та підготовку матеріалів для подання заявки).*

59. Патент України на корисну модель № 125069. Пристрій для діагностування трофоатрактантної рецепції личинок цистоутворюючих / Бабич О.А., **Бабич А.Г.** 25.04.2018, бюл. № 8. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження та підготовку матеріалів для подання заявки).*

60. Патент України на корисну модель № 125070. Спосіб фітотестування ґрунту на заселеність цистоутворюючими нематодами в польових умовах / Бабич О.А., **Бабич А.Г.**, Білявська Л.О., Іутинська Г.О. 25.04.2018, бюл. № 8. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження та підготовку матеріалів для подання заявки).*

61. Патент України на корисну модель № 125072. Спосіб екологічно-безпечного контролю чисельності золотистої картопляної нематоди / Бабич О.А., **Бабич А.Г.**, Білявська Л.О., Іутинська Г.О. 25.04.2018, бюл. № 8. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження та підготовку матеріалів для подання заявки).*

62. Патент України на корисну модель № 125073. Спосіб первинної оцінки ефективності мікробіологічних і хімічних препаратів проти ґрунтових фітофагів / Бабич О.А., **Бабич А.Г.**, Білявська Л.О., Іутинська

Г.О. 25.04.2018, бюл. № 8. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження та підготовку матеріалів для подання заявки).*

63. Патент України на корисну модель № 135169. Спосіб отримання комплексу фізіологічно-активних речовин із авермектинами у виробничих умовах / Білявська Л.О., Іутинська Г.О., Скроцький С.О., Бабич О.А., **Бабич А.Г.** 25.06.2019, бюл. № 12. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження та підготовку матеріалів для подання заявки).*

64. Патент України на корисну модель № 135173. Спосіб контролю чисельності золотистої картопляної нематоди / Бабич О.А., **Бабич А.Г.**, Білявська Л.О., Іутинська Г.О. 25.06.2019, бюл. № 12. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження та підготовку матеріалів для подання заявки).*

65. Патент України на корисну модель № 138060. Спосіб моніторингу цистоутворюючих нематод / Бабич О.А., **Бабич А.Г.** 25.11.2019, бюл. № 22. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження та підготовку матеріалів для подання заявки).*

66. Патент України на корисну модель № 139711. Спосіб дистанційно-візуального моніторингу ураження рослин цистоутворюючими нематодами / **Бабич А.Г.**, Бабич О.А. 10.01.2020, бюл. 1. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження та підготовку матеріалів для подання заявки).*

67. Патент України на винахід № 120688 / Поліфункціональний біопрепарат "Аверстім" для обробки рослин / Білявська Л.О., Іутинська Г.О., Лобода М.І., Бабич О.А., **Бабич А.Г.** 10.01.2020, бюл. №1. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження та підготовку матеріалів для подання заявки).*

Науково-методичні та методично-навчальні рекомендації:

68. Коржук Р.Д., Мельник П.О., Прунцев С.Є., Острик І.М., **Бабич А.Г.** Методичні рекомендації з виявлення картопляних цистоутворюючих нематод. Чернівці: Зелена Буковина, 2005. 44 с. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*
69. **Бабич А.Г.**, Сикало О.О., Коржук Р.Д. Виявлення і заходи захисту від карантинних видів нематод картоплі: метод. вказ. К.: НАУ, 2005. 20 с. *(Здобувачем проведено обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*
70. **Бабич А.Г.**, Шкаруба М.Г., Бабич О.А. Виявлення, облік та визначення видів цистоутворюючих нематод. Метод. рек. до проведення лаб. занять із напрямку 1304 – „Агрономія”: К.: НАУ, 2007. 22 с. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, морфометричні дослідження, розробку ключа визначення видів, підготовку матеріалів до друку).*
71. **Бабич А.Г.**, Венгер В.М., Венгер О.В., Дмитрієва О.Є., Матвієнко О.П., Шкаруба С.М. Моніторинг цистоутворюючих нематод. Київ, НУБіПУ, 2010. 26 с. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*
72. **Бабич А.Г.**, Бабич О.А. Біотестування цистоутворюючих нематод: метод. рек. до проведення лаб. занять для підготовки студентів напрямку 095.105 - Захист рослин. Київ, «Центр ІТ» 2011. 24 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*
73. **Бабич А.Г.**, Бабич О.А., Бондарєва Л.М., Дмитрієва О.Є., Сикало О.О. Традиційний та новітній моніторинг цистоутворюючих нематод. Київ, ЦП «Компринт», 2011. 61 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

74. **Бабич А.Г.**, Бабич О.А. Моніторинг гетеродерід. Київ, ЦП «Компринт», 2015. 127 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*
75. **Бабич А.Г.**, Бабич О.А. Діагностування та заходи захисту від домінуючих цистоутворюючих нематод: метод. рек. для студентів факультету захисту рослин, біотехнологій та екології із напрямку 095.105 – „Захист рослин”. Київ. 2016. 137 с. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*
76. Іутинська Г.О., Білявська Л.О., Бабич О.А., **Бабич А.Г.**, Лобода М.І., Скроцький С.О. Новітні метаболічні препарати та технологія їх отримання. Київ, ЦП «Компринт», 2018. 34 с. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*
77. **Бабич А.Г.**, Бабич О.А. Методи діагностування та обліку фітопаразитичних нематод: метод. рек. до проведення лаб. занять для підготовки студентів зі спеціальності 202 – „Захист та карантин рослин”. К., 2020. 127 с. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, підготовку матеріалів до друку).*

Авторські свідоцтва на наукові твори

78. **Бабич А.Г.**, Бабич О.А. Моніторинг і інтегрована система захисту зернових колосових від вівсяної цистоутворюючої нематоди. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. 2018. №76986 *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, підготовку матеріалів до друку).*
79. **Бабич А.Г.**, Бабич О.А. Моніторинг і інтегрована система захисту картоплі від золотистої картопляної цистоутворюючої нематоди. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. 2018. №77001 *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, підготовку матеріалів до друку).*

80. **Бабич А.Г.**, Бабич О.А. Моніторинг і інтегрована система захисту багаторічних бобових трав від конюшинної і люцернової нематод. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. 2018. №77002 (*Здобувачем проведено експериментальні дослідження, підготовку матеріалів до друку*).
81. **Бабич А.Г.**, Бабич О.А. Фітосанітарний контроль вівсяної цистоутворюючої нематоди. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. 2018. №86007 (*Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнення даних, підготовку матеріалів до друку*).
82. **Бабич А.Г.**, Бабич О.А. Фітосанітарний контроль золотистої картопляної цистоутворюючої нематоди. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. 2018. №86008 (*Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнення даних, підготовку матеріалів до друку*).
83. **Бабич А.Г.**, Бабич О.А. Фітосанітарний контроль люцернової і конюшинної цистоутворюючих нематод. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. 2018. №86011. (*Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнення даних, підготовку матеріалів до друку*).

Тези наукових доповідей

84. Бабич А. Г. Заходи боротьби з буряковою нематодою. Проблеми агропромислового комплексу: пошук, досягнення: наукова конференція професорсько-викладацького складу та аспірантів, м. Київ, 20-21 листопада 1993 року: тези доповіді. К., 1993. С. 46.
85. Гуськова Л. О., **Бабич А. Г.**, Шарій В. М. Вивчення шкідливості цистоутворюючих нематод у виробничих умовах. Сучасні методи досліджень в агрономії: міжнародна конференція, м. Умань, 8–10 червня 1993 року: тези доповіді. Умань, 1993. С. 116–117. (*Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку*).

86. Бабич А. Г. Оптимізація захисту посівів цукрових буряків від бурякової нематоди. Оптимізація пестицидного навантаження в інтегрованих системах захисту цукрових буряків та інших культур бурякової сівозміни від шкідників, хвороб та бур'янів: наукова конференція, м. Київ, 14–15 березня 1995 року: тези доповіді. К., 1995. С. 18–19.
87. Бабич А. Г. Виносливість гібридів і сортів до бурякової нематоди і шляхи її підвищення. Современные проблемы генетики, биотехнологии и селекции растений: 2-я Международная конференция молодых ученых, г. Харьков, 19–23 мая 2003 года: тезисы доклада: Харьков, 2003. С. 249.
88. Бабич А. Г. Бур'яни-живителі бурякової нематоди. Проблеми бур'янів і шляхи зниження забур'янення орних земель: Наукова конференція Українського наукового товариства гербологів, м. Київ, 2004 року: тези доповіді. К., 2004. С. 84–86.
89. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А. Екологічні аспекти контролю чисельності цистоутворюючих нематод в агроценозах України. Інтегрований захист рослин. Проблеми та перспективи: міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 13–16 листопада 2006 року: тези доповіді. К., 2006. С. 102–103. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, підготовку матеріалів до друку).*
90. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А. Проблеми нематодозів при інтродукції і акліматизації рослин: міжнародна науково-практична конференція до 75-річчя Ботанічного саду Дніпропетровського національного університету, м. Дніпропетровськ, 8–11 вересня 2008 року: тези доповіді. Дніпропетровськ, 2008. С. 98–99. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*
91. **Бабич А. Г.**, Дмитриева О. Е., Бабич А. А. Влияние ресурсосберегающих технологий возделывания с.-х. культур на популяции цистообразующих нематод. Ресурсосберегающее земледелие на рубеже XXI века: III Международная научно-практическая конференция: тезисы

доклада. М., 2009. С. 15–19. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

92. Бабич О. А., **Бабич А. Г.** Діагностування осередкованого поширення цистоутворюючих нематод: всеукраїнська наукова конференція молодих учених, м. Умань, 2009 року: тези доповіді: Умань, 2009. С. 72. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

93. Бабич О. А., **Бабич А. Г.**, Матвієнко О. П. Екологічно-безпечні способи раціонального застосування пестицидів проти фітопаразитичних нематод. Актуальні проблеми наук про життя та природокористування: Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, м. Київ, 26–29 жовтня 2011 року: тези доповіді: К., 2011. С. 9–10. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*

94. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А. Сучасний моніторинг фітонематодозів. Проблеми сталого розвитку агросфери: міжнародна науково-практична конференція, присвячена 195-річчю від дня заснування Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва, м. Харків, 4–6 жовтня 2011 року: тези доповіді. Харків, 2011. С. 53. *(Здобувачем проведено аналіз першоджерел, обробку експериментальних даних, підготовку матеріалів до друку).*

95. Бабич О. А., **Бабич А. Г.**, Матвієнко О. П., Особливості виробничого біотестування ґрунту на заселеність цистоутворюючими нематодами при інтродукції рослин. Відновлення порушених природних екосистем: IV Міжнародна наукова конференція, м. Донецьк, 18–21 жовтня 2011 року: тези доповіді. Донецьк, 2011. С. 34–35. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

96. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А., Іванова К. О. Абіотичні, біотичні та антропогенні чинники популяційної динаміки цистоутворюючих нематод. Захист рослин у XXI столітті: проблеми та перспективи розвитку:

міжнародна науково-практична конференція, присвячена 80-річчю з дня заснування факультету захисту рослин Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва, м. Харків, 14 вересня 2012 року: тези доповіді. Харків, 2012. С. 14–16. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

97. **Бабич А. Г.**, Бабич А. А., Иванова Е. А. Фитогормональний механізм регуляції онтогенеза цистообразуючих нематод. Проблеми сучасної біології: V Міжнародна науково-практична конференція, г. Москва, 20 мая 2012 года: тезиси доклада. М., 2012. С. 53–55. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, формулювання висновків).*

98. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А., Матвієнко О. П. Від традиційного до новітнього моніторингу цистоутворюючих нематод. Захист рослин: наука, освіта, інновації в умовах глобалізації: міжнародна науково-практична конференція, присвячена 50-річчю заснування факультету захисту рослин, м. Київ, 15–18 жовтня 2012 року: тези доповіді. К., 2012. С. 120–122. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку експериментальних даних, підготовку матеріалів до друку).*

99. Матвієнко О. П., **Бабич А. Г.**, Бабич О. А. Динаміка чисельності бурякової нематоди в багатопільних сівоzmінах та з короткою ротацією. Фундаментальні та прикладні дослідження в зоології: Науково-практична конференція, м. Харків, 21–22 травня 2015 року: тези доповіді. Харків, 2015. С. 72–74. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*

100. **Бабич А. Г.**, Орос А. В. Виробниче біотестування ґрунту на заселеність цистоутворюючими нематодами. Карантин та інтегрований захист рослин. Перспективи розвитку у ХХІ столітті: міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів, м. Київ, 19–20 листопада 2015 року: тези доповіді. К., 2015. С. 187–188. *(Здобувачем*

проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).

101. Бабич О. А., **Бабич А. Г.**, Клепацька Т. О. Потенціал розмноження вівсяної нематоди на різних культурних рослинах-живителях. Реалізація потенціалу сортів зернових культур – шлях вирішення продовольчої безпеки: Міжнародна науково-практична конференція, с. Центральне, 20 жовтня 2017 року: тези доповіді. Центральне, 2017. С. 18. *(Здобувачем проведено аналіз першоджерел, експериментальні дослідження, підготовку матеріалів до друку).*

102. Бабич О. А., **Бабич А. Г.**, Намолван К. Я. Аеровізуальний моніторинг осередків нематодозів. Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур: VIII міжнародна науково-практична конференція молодих вчених і спеціалістів, с. Центральне, 19 квітня 2019 року: тези доповіді. Центральне, 2019. С. 14. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку експериментальних даних, підготовку матеріалів до друку).*

103. Білявська Л. О., **Бабич А. Г.**, Статкевич А. О., Іутинська Г. О. Новітні комплексні поліфункціональні біопрепарати для рослинництва. Біологічно активні препарати в рослинництві. Наукове обґрунтування – рекомендації – практичні результати: XV Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 25–29 червня 2019 року, тези доповіді. К., 2019. С. 108. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку експериментальних даних, підготовку матеріалів до друку).*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	35
ВСТУП	37
РОЗДІЛ 1. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ ІСТОРИЧНІ ЕТАПИ, СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ЦИСТОУТВОРЮЮЧИХ НЕМАТОД ТА РОЗРОБКА ЗАХИСНИХ ЗАХОДІВ. (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	47
1.1 Поширення та видовий склад цистоутворюючих нематод.....	47
1.2 Морфологія	53
1.3 Біолого-екологічні особливості	56
1.4 Шкідливість	59
1.5 Традиційні і сучасні методи виявлення та ідентифікації цистоутворюючих нематод	66
1.6 Комплекс протинематодних заходів	69
1.6.1 Карантинні та організаційно-господарські.....	70
1.6.2 Попередники і протинематодні сівозмінні	71
1.6.3 Агротехнічні прийоми	76
1.6.4 Стійкі сорти	79
1.6.5 Природні антагоністи	81
1.6.6 Нематоциди.....	85
1.6.7 Перспективні методи контролю гетеродерід	87
РОЗДІЛ 2. МІСЦЕ, УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	92
2.1 Характеристика регіонів дослідження	92
2.2 Матеріали та методи досліджень.....	102
РОЗДІЛ 3. ОСНОВИ СУЧАСНОГО НЕМАТОЛОГІЧОГО МОНІТОРИНГУ	110
3.1. Дистанційний моніторинг гетеродерозів.....	110
3.2 Вдосконалення маршрутно-візуального обстеження осередкованого ураження рослин гетеродерозами	115

3.4 Нематологічне картування осередків.....	121
3.5 Біотестування ґрунту в лабораторних і польових умовах	126
3.6 Діагностування бульбо-коренеплідної продукції на заселеність цистами.....	133
3.7 Сучасна система моніторингу цистоутворюючих нематод.....	137
РОЗДІЛ 4. ЦИСТОУТВОРЮЮЧІ І НЕМАТОДИ КУЛЬТУРНИХ ТА ПРИРОДНИХ ФІТОЦЕНОЗІВ	140
4.1 Зональна поширеність і таксономічна структура	140
4.2 Морфологія і морфометрія цистоутворюючих нематод.....	144
4.3 Вдосконалення критеріїв визначення гетеродерід	153
РОЗДІЛ 5. ТРОФІЧНІ РЕСУРСИ ЦИСТОУТВОРЮЮЧИХ НЕМАТОД	160
5.1 Потенціал розмноження гетеродерід на культурних рослинах.....	160
5.2 Природна і сегетальна рослинність в трофічному ланцюгу нематод.	167
5.3 Сезонна та багаторічна зміна чисельності цистоутворюючих нематод в агробіоценозах	171
РОЗДІЛ 6. ВПЛИВ ДОМІНУЮЧИХ АБІОТИЧНИХ, БІОТИЧНИХ ТА АНТРОПОГЕННИХ ЧИННИКІВ НА ЦИСТОУТВОРЮЮЧИХ НЕМАТОД	188
6.1 Джерела та шляхи розселення цистоутворюючих нематод	188
6.2 Особливості вертикально-ґрунтового розподілу.....	193
6.3 Механізми регуляції онтогенезу.....	198
6.4 Фенологія і кількість генерацій домінуючих видів	202
6.5 Сезонна вікова структура та популяційна адаптація до перенесення несприйнятливих умов.	208
6.6 Протинематодна ефективність метаболічних біопрепаратів поліфункціональної дії	213
РОЗДІЛ 7. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ШКІДЛИВОСТІ ЦИСТОУТВОРЮЮЧИХ НЕМАТОД	221

РОЗДІЛ 8. НАУКОВІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ПОПУЛЯЦІЯМИ ЦИСТОУТВОРЮЮЧИХ НЕМАТОД	231
8.1 Концептуальна модель впливу домінуючих екологічних факторів на гетеродерід	231
8.2 Екологічно-орієнтована система фітосанітарного контролю цистоутворюючих нематод	234
ВИСНОВКИ.....	242
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	228
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	250
ДОДАТКИ.....	325

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

В – врожайність

ВГ – вміст гумусу

в.г. – водорозчинні гранули

в.р. – водний розчин

в.с.к. – водно-суспензійний концентрат

в.с.р. – водно-спиртовий розчин

ГТК – гідротермічний коефіцієнт

ДПЧ – допосівна чисельність

д.р. – діюча речовина

екз. – екземплярів

з/д – зелене добриво

з/к – зелений корм

з.п. – порошок, що змочується

к.е. – концентрат емульсії

к.с. – концентрат суспензії

мг/л – міліграм на літр

мкм – мікромметр

мк.с. – мікрокапсульована водна суспензія

мл/т – мілілітр на тону

НІР – найменша істотна різниця

НУБіПУ – Національний університет біоресурсів і природокористування України

ОН – обробка насіння

п. – порошок

ПА – природні антагоністи

ПЗЧ – післязбиральна чисельність

Р (сп, т, ст) – рослини сприйнятливі, толерантні, стійкі

СЗ – сівозміна

СУ – система удобрення

Т_Е – технічна ефективність

т.к.с. – текучий концентрат суспензії

т.пс. – текуча паста

У – урожайність

УкрНДСКР – Українська науково-дослідна станція карантину рослин

я.+л. – яєць і личинок

ЯВ – якість врожаю

°С – градусів по Цельсію

L_{1,2,3,4} – личинки першого, другого, третього та четвертого віку

НРК – комплекс мінеральних добрив, що містить азот, фосфор та калій

рН – градієнт концентрації

R² – коефіцієнт детермінації

ВСТУП

Цистоутворюючі нематоди (родина *Heteroderidae*) є одними із найбільш небезпечних седентарних паразитів кореневої системи рослин [165; 254]. Вони відомі ще з другої половини XIX століття як одна з причин «грунтовами» і високої шкідливості [126, 230].

Зниження урожайності основних культур від гетеродерозів становить від 10 до 20%, проте в осередках високої чисельності може досягати 70-90% [261]. Однак, незважаючи на такі втрати врожаю, фітосанітарний контроль гетеродерід, як і раніше, є складною проблемою. Це зумовлено особливостями їх біології, зокрема наявністю в циклі розвитку захищених цистою яєць, які є стійкими до змін навколишнього середовища і можуть зберігатися в ґрунті впродовж багатьох років (229). Тому, фітосанітарні заходи першочергово мають бути спрямовані на запобігання занесення та подальшого розповсюдження цистоутворюючих нематод, в тому числі і карантинних видів [120, 191, 212, 230, 261].

Протинематодні сівозміни впродовж тривалого часу були основним обмежуючим чинником масового накопичення бурякової та ряду інших видів цистоутворюючих нематод [207, 267]. Радикальні зміни останніх десятиліть в структурі посівних площ зумовили перехід від багатопільних до сівозмін з короткою ротацією. За порушення гармонійного чергування культур і недотримання рекомендованих термінів повернення їх на попереднє місце відбувається масове розмноження спеціалізованих фітофагів.

Для забезпечення ефективного захисту рослин необхідне розумне поєднання різних методів, прийомів, заходів на основі прогнозу появи і розвитку шкідливих організмів, постійного моніторингу і оцінки фітосанітарного стану агроценозів [240]. Використання в сучасних інтегрованих системах біопрепаратів з поліфункціональними властивостями – інсекто-нематодцидними, фітостимулюючими,

імуномодуючими, антистресовими сприятиме зменшенню пестицидного навантаження на довкілля [60].

В Україні перші відомості щодо дослідження рослинних нематод з'явилися наприкінці XIX століття. Проте, інтенсивний розвиток нематології розпочався лише з 30-х років минулого століття [229]. При цьому найбільш вагомими фауністичні, морфо-анатомічні і біоекологічні дослідження були проведені ще в 40-80-і роки [118, 166, 217, 230]. В подальший період основна увага приділялася розробці та удосконаленню захисних заходів переважно від бурякової нематоди [4, 68, 85, 114, 121, 135, 139, 234, 237] та золотистої картопляної нематоди [9, 105, 151, 189, 221, 242]. Лише декілька наукових робіт виконано з хмельової [53, 154], вівсяної [247], блідої картопляної [191], та нематод декоративних рослин захищеного ґрунту [88, 117].

Структурні, технологічні, кліматичні зміни останніх десятиліть потребують проведення всебічної оцінки їх впливу на сучасну фауну цистоутворюючих нематод з метою уточнення домінуючих нині патогенних видів, дослідження їх біолого-екологічних особливостей, розроблення сучасного нематологічного моніторингу та екологічно-безпечних заходів фітосанітарного контролю.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась згідно з тематикою Національного університету біоресурсів і природокористування України „Розробка технологічних регламентів виробництва безпечної овочевої продукції в зональній системі екологічного землеробства Лісостепу України” (номер державної реєстрації 0110U003635); „Розробка стандартів щодо застосування засобів захисту рослин: СОУ Технологія протруєння насіння. Основні положення” (номер державної реєстрації 0105U005940); „Розробка високоефективних біопрепаратів з нематодцидними і ентомопатогенними властивостями на основі ґрунтових стрептоміцетів” (номер державної реєстрації 0117U002645); „Розробка концепції створення поліфункціональних

біопрепаратів на основі стрептоміцетного синтезу для оптимізації фітосанітарного стану сучасних агрофітоценозів” (номер державної реєстрації 0120U102173).

Мета та завдання дослідження. Метою дисертації є розроблення сучасного моніторингу седентарних нематод родини Heteroderidae та екологічно безпечних заходів їх фітосанітарного контролю.

Для досягнення поставленої мети вирішували такі завдання:

- уточнити видовий склад та зональне поширення цистоутворюючих нематод;
- вдосконалити морфо-анатомічні критерії ідентифікації їх видового складу;
- розробити сучасний моніторинг цистоутворюючих нематод за поєднання дистанційних і традиційних методів діагностування гетеродерозів;
- вдосконалити способи нематологічного біотестування ґрунту;
- дослідити механізми регуляції онтогенезу, видову і популяційну адаптацію цистоутворюючих нематод до перенесення несприятливих умов;
- встановити особливості розподілу цистоутворюючих нематод за вертикальним профілем ґрунту;
- уточнити потенціал розмноження домінуючих видів на культурній, природній і сегетальній рослинності;
- обґрунтувати теоретичні та прикладні проблеми прогнозування шкідливості цистоутворюючих нематод;
- дослідити вплив домінуючих абіотичних, біотичних і антропогенних чинників на сезонну і багаторічну зміни щільності популяцій;
- створити поліфункціональний метаболічний біонематицид фітозахисної, рістрегулювальної і адаптогенної дії;

– розробити концепцію екологічно орієнтованої системи фітосанітарного контролю домінуючих видів цистоутворюючих нематод.

Об'єкт дослідження – консортивні зв'язки та механізми регуляції чисельності цистоутворюючих нематод, стратегія і тактика їх екологічно безпечного фітосанітарного контролю.

Предмет дослідження – культурна, природна і сегетальна рослинність біогеоценозів, зміни щільності популяцій домінуючих видів цистоутворюючих нематод під впливом абіотичних, біотичних та антропогенних факторів.

Методи дослідження: лабораторно-вегетаційні (при проведенні аналізу рослинних і ґрунтових зразків та вивченні морфологічної і анатомічної будови, стимулюючої дії корневих виділень рослин-живителів і трофотаксису личинок, визначенні видового складу цистоутворюючих нематод та вдосконаленні методу біотестування); польові (під час вивчення біолого-екологічних особливостей, трофічних зв'язків, джерел і шляхів розселення, вертикального розподілу цистоутворюючих нематод у ґрунті, динаміки їх чисельності, шкідливості, впливу абіотичних, біотичних та антропогенних факторів на популяції цистоутворюючих нематод); статистичні (для оцінювання достовірності результатів досліджень на основі квантільного аналізу, дисперсійного, регресійного та кореляційного методів функціональних залежностей між різними факторами).

Наукова новизна одержаних результатів. Теоретично обґрунтовано, експериментально доведено та практично розроблено сучасний моніторинг цистоутворюючих нематод та екологічно безпечні заходи їх фітосанітарного контролю.

До основних положень дисертації, які визначають її наукову новизну належать такі:

вперше:

– розроблено систему сучасного фітонематологічного моніторингу з використанням телекомунікаційних технологій, що істотно скорочує час та матеріальні витрати на локальне обстеження виявлених осередків гетеродерозу традиційними методами (патент на корисну модель № 139711);

– вдосконалено спосіб лабораторно-вегетаційного біотестування ґрунту, який забезпечує достовірне виявлення найбільш проблемних для діагностування, низьких щільностей цистоутворюючих нематод (патент на корисну модель № 124126) та розроблено доступний спосіб об'єктивного визначення рівня заселеності ґрунту цистоутворюючими нематодами завдяки дотриманню технологічних умов вирощування біотестованих рослин аналогічно виробничим (патент на корисну модель № 125070);

– доведено, що використання розробленого цистовиділювача забезпечує високу ефективність діагностування бульбо-та коренеплідної продукції на заселеність цистоутворюючими нематодами, що запобігатиме розселенню карантинних видів нематод із садивним матеріалом (патент на винахід № 62534);

– визначено ступінь виплодження личинок та атрактантність кореневих виділень різних фаз органогенезу рослин, токсичну дію метаболічних препаратів на міграційну здатність нематод з метою включення їх до складу захисно-стимулюючих речовин для передпосівної обробки насіння (патент на корисну модель № 125069);

– запропоновано алгоритм оцінювання технічної ефективності біопрепаратів, який забезпечує високу достовірність результатів випробування за їх внесення на визначений об'єм ґрунту із передбаченими рівнями вихідної чисельності цистоутворюючих нематод (патент на корисну модель № 125073);

– розроблено спосіб отримання у виробничих умовах комплексу фізіологічно активних речовин, що містять авермектини (патент на

корисну модель № 135169) та створено метаболічний поліфункціональний біопрепарат Аверстім на основі ґрунтових стрептоміцетів фітозахисної, рістрегулювальної і адаптогенної дії (патент на винахід № 120688);

удосконалено:

– морфо-анатомічні критерії ідентифікації видового складу гетеродерід;

– економічні пороги і рівні шкідливості вівсяної, конюшинної і люцернової нематод із внесенням коригуючих поправок на гідротермічні умови вегетаційного періоду;

набули подальшого розвитку:

– дослідження механізмів активації і синхронізації онтогенезу седентарних нематод до органогенезу рослин-живителів;

– визначення джерел і шляхів розселення, потенціалу розмноження домінуючих видів гетеродерід на культурній, природній і сегетальній рослинності.

– поділ різних модифікацій анабіозу на короткотерміновий стан гідротермічного та токсичного заціпеніння, олігопаузу – тимчасово-факультативну, діапаузу – типову однорічну, гіперпаузу – багаторічну, які забезпечують виживання цистоутворюючих нематод за несприятливих умов.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено методику вибірково-ротаційного контролю за зміною заселеності ґрунту цистоутворюючими нематодами в осередках з найбільшою щільністю популяції для кожного поля, що дає змогу відмовитися від трудомістких методів традиційного обстеження, відбору й аналізу багаточисельних ґрунтових проб (патент на корисну модель № 138060). Вивчено вплив різних способів обробітку ґрунту на просторове розселення і вертикальний розподіл цистоутворюючих нематод та обґрунтовано доцільність застосування системи полицево-безполицевого обробітку ґрунту з метою запобігання накопиченню цистоутворюючих нематод у верхньому шарі

грунту. Досліджено зміни щільності популяцій вівсяної, золотистої картопляної, конюшинної і люцернової цистоутворюючих нематод у сучасних сівозмінах та обґрунтовано оптимальну структуру насичення їх рослинами-живителями залежно від рівня заселеності ґрунту цистоутворюючими нематодами. Розроблено систему фітосанітарного контролю золотистої картопляної нематоди в особистих селянських господарствах на основі локально-диференційованого розміщення по площі ягідників, коренеплідних, бобових та інших несприйнятливих культур, оптимального співвідношення стійких і уразливих сортів пасльонових. Запропоновано спосіб екологічно безпечного зниження рівня заселеності ґрунту нематодами, що полягає у передпосадковій обробці бульб стійких до золотистої картопляної нематоди сортів картоплі метаболічними біопрепаратами поліфункціональної дії (патенти на корисну модель № 125072 і № 135173). Розроблено екологічно безпечні системи захисту зернових колосових, картоплі, багаторічних бобових трав від вівсяної, золотистої картопляної, люцернової і конюшинної цистоутворюючих нематод (отримано 6 свідоцтв про реєстрацію авторського права № 76986, № 77001, № 77002, № 86007, № 86008 і № 86011).

Практичне значення досліджень полягає у вирішенні проблеми фітосанітарного контролю вівсяної, золотистої картопляної, люцернової і конюшинної цистоутворюючих нематод у виробничих умовах, а також у фермерських та особистих селянських господарствах.

За результатами досліджень видано 10 методичних рекомендацій і вказівок, які використовуються в сільськогосподарському виробництві, а також у навчальному процесі при підготовці фахівців.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійною науковою роботою здобувача на основі багаторічних досліджень. Здобувачем проведено аналіз наукових публікацій за темою дисертації, розроблено програми, окремі методики, проведено лабораторні, вегетаційні, польові і

виробничі дослідження, узагальнено, проаналізовано та статистично оброблено отримані експериментальні дані, апробовано і впроваджено результати у виробництво, підготовлено друковані праці.

З наукових праць, опублікованих в співавторстві, у роботі використано лише ті ідеї та положення, що є результатом особистої роботи здобувача.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертації були оприлюднені й обговорені на конференціях Уманського сільськогосподарського інституту «Сучасні методи досліджень в агрономії» (м. Умань, 1993 р.); Українського державного аграрного університету «Проблеми агропромислового комплексу: пошук, досягнення» (м. Київ, 1993 р.); Харківського національного аграрного університету «Современные проблемы генетики, биотехнологии и селекции растений» (м. Харків, 2003 р.); Інституту цукрових буряків НААН «Проблеми бур'янів і шляхи зниження забур'янення орних земель» (м. Київ, 2004 р.); Інституту захисту рослин НААН «Інтегрований захист рослин. Проблеми та перспективи» (м. Київ, 2006 р.); Дніпропетровського національного університету «Сучасні проблеми інтродукції і акліматизації рослин» (м. Дніпро, 2008 р.); Уманського державного аграрного університету «Всеукраїнська наукова конференція молодих вчених» (м. Умань, 2009 р.); Російського державного аграрного університету – МСГА імені К. А. Тімірязєва «Ресурсосберегающее земледелие на рубеже XXI века» (м. Москва, Російська Федерація, 2009 р.); Національного університету біоресурсів і природокористування України «Актуальні проблеми наук про життя та природокористування» (м. Київ, 2011 р.); Інституту агроекології і природокористування НААН «Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві» (м. Київ, 2011 р.); Уманського національного університету садівництва «Основи біологічного рослинництва в сучасному землеробстві» (м. Умань, 2011 р.); Харківського національного аграрного університету «Проблеми

сталого розвитку агросфери» (м. Харків, 2011 р.); Донецького ботанічного саду НАН України «Відновлення порушених природних екосистем», (м. Донецьк, 2011 р.); Інституту біології Карельського наукового центру Російської академії наук «Нематоды естественных и трансформированных экосистем» (м. Петрозаводськ, Російська Федерація, 2011 р.); Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН «Бур'яни, особливості їх біології та систем контролювання у посівах сільськогосподарських культур» (м. Київ, 2012 р.); Національного університету біоресурсів і природокористування України «Захист рослин: наука, освіта, інновації в умовах глобалізації» (м. Київ, 2012 р.); Харківського національного аграрного університету «Захист рослин у ХХІ ст. Проблеми та перспективи розвитку» (м. Харків, 2012 р.); Української науково-дослідної станції карантину рослин Інститут захисту рослин НААН «Фитосанитарная безопасность и контроль с.-х. продукции» (м. Київ, 2013 р.); Всеросійського інституту гельмінтології ім. Скрябіна «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями» (м. Москва, Російська Федерація, 2013р.); Житомирського національного аграрно-екологічного університету «Органічне виробництво і продовольча безпека» (м. Житомир, 2014, 2015 рр.); Харківського національного аграрного університету «Фундаментальні та прикладні дослідження в зоології» (м. Харків, 2015 р.); Національного університету біоресурсів і природокористування України «Карантин та інтегрований захист рослин. Перспективи розвитку у ХХІ столітті» (м. Київ, 2016 р.); Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла «Реалізація потенціалу сортів зернових культур – шлях вирішення продовольчої безпеки» (с. Центральне, 2017 р.); Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур» (с. Центральне 2019 р.); Національного університету біоресурсів і природокористування України «Біологічно активні препарати в рослинництві» (м. Київ, 2019 р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 103 наукові праці, з яких 8 монографій, підручник, посібник, 38 статей у наукових фахових виданнях України, 8 статей у наукових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних, 2 патенти України на винахід і 9 патентів України на корисну модель, 10 науково-методичних рекомендацій, 6 авторських свідоцтв на наукові твори та 20 тез наукових доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотацій, переліку умовних позначень, вступу, 8 розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел (621 найменування, зокрема 348 латиницею) та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 340 сторінок. Дисертація містить 23 таблиці та 45 рисунків.

РОЗДІЛ 1

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ІСТОРИЧНІ ЕТАПИ, СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ЦИСТОУТВОРЮЮЧИХ НЕМАТОД ТА РОЗРОБКА ЗАХИСНИХ ЗАХОДІВ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1 Поширення та видовий склад цистоутворюючих нематод

В світовій фауні нині визнають близько 100 видів цистоутворюючих нематод. Згідно з сучасною систематикою вони належать до семи родів: *Afenestrata* (*Heteroderinae*), *Betulodera*, *Cactodera*, *Dolichodera* (*Punctoderine*), *Globodera*, *Heterodera*, *Punctodera* родини *Heteroderidae* [200, 254, 282, 314, 357, 375, 376, 380, 436, 440, 441, 503, 512, 513, 570, 571, 572, 577, 588, 621].

Вперше бурякову – *Heterodera schachtii* (Schmidt, 1871), вівсяну – *Heterodera avenae* Wollenweber, 1924 і картопляну – *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923) Behrens, 1975 нематод було виявлено в кінці XIX століття у Німеччині. Проте, тривалий час, останні два види вважали біологічними формами і расами бурякової нематоди (Kuhn, 1874). Лише в 1923 р. Воленвебером було звернено увагу на значні морфологічні відмінності досліджених цистоутворюючих нематод (Wollenweber, 1923). Подальші фундаментальні дослідження зарубіжних і вітчизняних вчених засвідчили їх належність до окремих біологічних видів [132, 134, 200, 230].

Виділення таксономічного роду глободера *Globodera* (Skarbilovich, 1959) Behrens, 1975, до якого було віднесено золотисту картопляну нематоду, вперше запропоновано Т.С. Скарбілович у 1959 р. [230]. Однак, дана класифікаційна категорія ще понад 10 років не отримувала світового визнання. Нині до цього роду, крім золотистої картопляної нематоди – *Globodera rostochiensis* Wollenweber, 1923, також належить бліда

картопляна цистоутворююча нематода *Globodera pallida* Stone, 1973 [174, 254, 311].

Сучасний ареал бурякової і вівсяної нематод охоплює понад 40 країн світу. Значні площі заселення виявлено в Німеччині, Нідерландах, Польщі, Великобританії, США, Канаді, Австралії, Австрії, Новій Зеландії, Італії, Данії, Угорщині та ряді інших країн [300, 347, 355, 356, 358, 371, 379, 384, 432, 445, 516, 559, 566].

Золотиста картопляна нематода зареєстрована в 36 країнах Європи, 12 – Азії, 6 – Африки, 3 – Північної Америки, 1 – Центральної Америки і Карибського регіону, 6 – Південної Америки, 3 – Океанії.

Бліда – поширена у 23 країнах Європи, 4 – Азії, 2 – Африки, 1 – Північної Америки, 1 – Центральної Америки і Карибського регіону, 8 – Південної Америки, 1 – Океанії. При цьому в багатьох країнах світу зареєстровано обидва види глободер [131, 210, 329, 387, 391, 394, 449, 479, 504, 514, 522, 605, 606].

На території України бурякову нематоду – *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871 вперше виявлено в 1923 р. Й. Й. Корабом в Пієвському бурякорадгоспі Київської області. Згідно проведеного у тридцять років минулого століття нематологічного картування основних зон бурякосіяння, загальна площа заселення склала понад 108 тисяч гектарів [125]. Нині бурякова нематода розповсюджена в 17 областях України на площі близько 132 тисяч гектарів [207]. Особливо великі осередки фітопаразита виявлено у Вінницькій, Київській, Черкаській, Чернігівській, Сумській, Харківській, Хмельницькій, Житомирській областях – традиційно старих районах вирощування цукрових буряків [76, 81, 125, 138, 207, 230].

У середині минулого століття широке поширення бурякової нематоди було встановлено в ряді регіонів Росії: Калінінградській, Ленінградській, Псковській, Новгородській, Білогородській, Воронежській,

Курській, Ростовській, Тамбовській, Тульській, Смоленській, Кіровській областях та Краснодарському краї [195, 269].

Фітопаразит зустрічається також в Біларусі, Киргизії, Казахстані, Молдові, Узбекистані та деяких інших країнах [156, 159, 163, 212, 272].

Вівсяна нематода – *Heterodera avenae* (Wollenweber, 1924) Krall et Krall, 1978 вперше виявлена Б.А.Мамоновим у 1936 р. на полях Червоноуфимської селекційної станції Тверської області РСФСР. В наступні десятиліття вона була зареєстрована в багатьох інших регіонах: Північно-Західному, Центрально-Нечорноземному, Волго-В'ятському, Центрально-Чорноземному, Поволжському, Північно-Кавказькому, Західно-Сибірському, Далеко-Східному, в республіках Прибалтики – Естонії, Латвії, Литві, а також Білорусії, Вірменії, Казахстані, Таджикистані, Узбекистані [3, 80, 159, 174, 195, 241, 269].

В Україні вівсяну нематоду вперше було виявлено в 1957 році у Сумській області. Сучасний ареал її охоплює 13 областей: Одеську, Полтавську, Харківську, Тернопільську, Рівненську, Сумську, Чернігівську, Житомирську, Волинську, Чернівецьку, Івано-Франківську, Київську і Закарпатську [77, 84, 110, 169, 171, 247].

Золотисту картопляну нематоду – *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923) Behrens, 1975 вперше було зареєстровано в Україні в 1963 р. на станції ВНДС раку картоплі Чернівецької області [242]. Однак, незважаючи на запровадження карантинних заходів, запобігти її подальшому розселенню у нові регіони не вдалося [79, 105, 153, 188, 242]. Так, у 1980 р. осередки фітопаразита було виявлено в 11 областях на загальній площі 534,35 гектарів, а станом на 1 січня 1990 р. площа заселення збільшилася до 4708,46 гектарів. На початок 2011 р. осередки золотистої нематоди було зареєстровано в Вінницькій, Волинській, Житомирській, Закарпатській, Івано-Франківській, Київській, Луганській, Львівській, Одеській, Рівненській, Сумській, Тернопільській, Харківській, Хмельницькій, Черкаській, Чернівецькій і Чернігівській областях в 1124

населених пунктах 126 районів 17 областей України на загальній площі 4951,0558 гектарів.

В останні роки вперше на території Закарпатської області комплексним аналізом (мільтиплексна полімеразно-ланцюгова реакція, морфологічно-морфометричні дослідження, біотест) було виявлено бліду картопляну нематоду *Globodera pallida* (Stone, 1973) Behrens, 1975, яка є об'єктом зовнішнього карантину рослин. При цьому частка блідої у змішаних угрупованнях із золотистою картопляною не перевищувала 2-5% [191].

В наукових джерелах вказують також на виявлення блідої картопляної нематоди в Західному регіоні. Зокрема, цисти із селища Сколівські Бескиди відрізнялася здебільшого дрібними розмірами у межах 0,38-0,43 мм, окремі особини досягали 0,63 мм в діаметрі. В одній цисті містилося не більше 400 яєць. За вегетаційний період відмічено розвиток однієї генерації [122]. Однак, незважаючи на ряд наукових публікацій, даний вид до цього часу в Україні офіційно не зареєстровано.

Хмельова нематода – *Heterodera humuli* Filipjev, 1934 виявлена в семи областях традиційного вирощування хмелю: Вінницькій, Волинській, Житомирській, Київській, Львівській, Рівненській, Хмельницькій [53, 110, 154, 166, 220, 239].

Тривале вирощування хмелю в монокультурі є однією із основних причин масового накопичення фітопаразита, а інвазований посадковий матеріал – основне джерело розселення у нові хмелярські господарства. Крім культурних фітоценозів, резервом виживання виду є також рослини хмелю в природних умовах [53, 200].

Конюшинна нематода – *Heterodera trifolii* Goffart, 1932 є досить поширеним шкідливим організмом. Нині вона зустрічається в 12 областях України: Волинській, Житомирській, Закарпатській, Київській, Львівській, Полтавській, Рівненській, Сумській, Харківській, Хмельницькій, Чернівецькій, Чернігівській і Криму [75, 109, 166, 239, 247]. Широкий

ареал даного виду свідчить про високу імовірність виявлення також в інших областях. Основними рослинами-живителями фітопаразита є конюшина повзуча та рожева. Відсутність візуальних ознак ураження рослин за низької вихідної чисельності, значно ускладнює діагностування, а відповідно і своєчасне виявлення осередків конюшинної нематоди. Крім природних фітоценозів, конюшинна нематода поширена також в агроценозах, здебільшого у спеціалізованих кормових сівозмін. Проте зустрічається і на полях плодозмінних сівозмін та ділянках присадибного сектору.

Люцернову нематоду – *Heterodera medicaginis* Kirjanova, 1971 вперше було виявлено у 1930 р. Д.М.Штейнбергом на дослідних ділянках Полтавської станції кормових культур. Через десять років даний вид нематоди було зареєстровано в одному із відділень Уладівської дослідно-селекційної станції, земельні наділи якої з часом були передані Уладівському цукрокомбінату Вінницької області [120]. Пізніше люцернову нематоду було виявлено також в Харківській і Черкаській областях [195]. Однак, незважаючи на давність виявлення, відомості про її поширення в Україні дуже обмежені, біолого-екологічні особливості не вивчено, рівні шкідливості і заходи захисту не розроблялися.

Горохова цистоутворююча нематода – *Heterodera goettingiana* Liebsher, 1892 вперше була виявлена у Вінницькій області Т.С.Скарбілович [120]. Проте існує висока імовірність її поширення і в інших регіонах. Порогова чисельність нематоди для гороху становить 250-300 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту. При вихідній заселеності ґрунту у межах 300-800 яєць і личинок втрати врожаю досягають 20-50% [100]. За істотного збільшення в останні роки посівних площ сої, доцільно вивчення її трофічних зв'язків також на даній культурі та інших зернобобових.

Капустяна цистутворююча нематода – *Heterodera cruciferae* Franklin, 1945 зареєстрована в Донецькій, Харківській і Львівській областях [120]. Основними рослинами-живителями є овочеві капустяні культури. Проте,

здатна розмножуватися і на буряках. Тому, імовірно зона її поширення є істотно більшою.

Злакова – *Punctodera punctata* (Thorne, 1928) Mulvey, Stone, 1976 вперше виявлена в 1964 р. в Сумській області [104], а в наступні роки в Харківській, Чернігівській, Київській, Житомирській, Чернівецькій та Львівській. Проте потенційно може зустрічатися і в інших регіонах. Найчастіше фітопаразита виявляли на природних пасовищах. Тому, за умови значного накопичення, даний вид може бути потенційно небезпечним в районах інтенсивного луківництва [166, 199, 239].

Ячмінна нематода – *Heterodera hordecalis* Andersson, 1974 виявлена на зернових культурах в Київській і Житомирській областях [167, 247]. Оскільки даний вид може зустрічатися як окремо, так і у змішаних популяціях з вівсяною нематодою, розробка чітких критеріїв їх діагностування є однією із актуальних задач прикладної нематології.

За морфо-анатомічними ознаками, досить подібною до ячмінно-злакової нематоди, є також пшенична цистоутворююча нематода – *Heterodera filipjevi* (Madzhidov, 1981) Stone, 1985. Згідно останніх публікацій, саме останній вид є найбільш поширеним в багатьох зерносіючих регіонах Російської Федерації [194, 200, 238, 255], а також зустрічається і в інших країнах [374].

Біфенестрова цистоутворююча нематода – *Heterodera bifenestra* Cooper, 1955 виявлена в Чернігівській області. Потенційними рослинами-живителями цього виду вважають багаторічні злакові трави [120].

Жабрієва цистоутворююча нематода – *Heterodera galeopsidis* Goffart, 1936 зареєстрована в Київській і Житомирській областях [166].

Цистоутворююча нематода Устінова – *Heterodera ustini* Kirjanova, 1969 вперше виявлена в східній частині Карпат і деякий час в літературних джерелах згадувалася як трав'яна гетеродера [120]. Основною рослиною-живителем є польовиця звичайна.

Фікусову нематоду – *Heterodera fici* Kiryanova, 1954 виявлено в ґрунті імпортованих рослин фікусу в окремих теплицях м. Києва [117]. На квітково-декоративних рослинах закритого ґрунту паразитує також комплекс інших видів фітонематод [87, 88].

Кактусова нематода – *Cactodera cacti* Filipjev et Schurmans Stekhowen, 1941 є фітопаразитом тропічних та субтропічних рослин. В Україні на даний час виявлена в Никітському і Харківському ботанічних садах [120]. Однак, не виключено її потенційне поширення в ботанічних садах та оранжереях інших міст. Основним джерелом розповсюдження є рослинний матеріал, інвазований різними фазами розвитку кактусової нематоди. Розселення може відбуватися також і цистами, здебільшого знаряддями праці при обробітці заселеного фітопаразитами ґрунту [98, 239].

Естонська цистоутворююча нематода – *Cactodera estonica* Kiryanova et Krall, 1963 поширена в ряді регіонів України. Зокрема, виявлена в Київській, Сумській, Чернігівській, Рівненській областях. Естонську нематоду частіше виділяли із зразків ґрунту, відібраного з ділянок різнотрав'я [166]. Однак, до цього часу біолого-екологічні особливості та трофічні зв'язки детально не досліджено.

Проаналізувавши детально видовий склад цистоутворюючих нематод не виключаємо, що їх фауна з часом може поповнитися, оскільки деякі відсутні види в Україні зареєстровано в сусідніх країнах [241, 255].

1.2 Морфологія

Самиці і цисти роду *Cactodera* сферичні з помірно-видовженим головним кінцем тіла і невеликим вульварним конусом, роду *Globodera* округлі без вульварного конуса, а роду *Punctodera* переважно грушовидні без вульварного конуса [98, 113, 119, 291]. Анально-вульварна пластинка видів всіх трьох родів циркумфенестрального типу. Булле и задній міст відсутні, анус набагато менший за діаметр вульви. Анальну фенестру

подібну вульварній мають тільки види нематод роду *Punctodera*. Вульва у самиць роду *Punctodera* менше 5 мкм, а самиць родів *Cactodera* и *Globodera* в межах 13-20 мкм. Яйця зберігаються в цистах, яйцеві мішки не утворюють. Для самиць характерна наявність субкристалічного шару. В інвазійних личинок родів *Cactodera* и *Globodera* фазміда у вигляді крапки без лінзоподібної структури, а в личинок роду *Punctodera* – світлої плями [119, 120, 254].

Довжина самців роду *Globodera* и *Punctodera* менше 1500 мкм, а самців роду *Cactodera* може досягати 1700 мкм. Стилєт в межах 26-29 мкм, спікули з розщепленим кінцем в самців роду *Cactodera* та нероздільним, загостреним в самців родів *Globodera*, *Punctodera* [174, 229, 254].

Основними, поширеними в Україні видами, які відносяться до роду *Cactodera* є кактусова – *Cactodera cacti* Filipjev et Schurmans Stekhowen, 1941 і естонська – *Cactodera estonica* Kirjanova et Krall, 1963 цистоутворюючі нематоди. Цисти кактусової нематоди за формою кулясто-лимоноподібні з коротким вульварним конусом і помірно видовженим головним кінцем тіла. Колір їх може бути від золотисто-жовтого до червоно-коричневого [166, 229].

Від кактусової, естонська цистоутворююча нематода відрізняється лимоноподібно-видовженою, часто асиметричною формою тіла, яка перевищує ширину понад 2 рази. Відмінними ознаками їх ідентифікації є також розміщення складок кутикули навколо фенестри і анусу [98, 119, 120].

Яйця нематод роду *Cactodera* з крапковістю чи без рисунка. Розміри в межах 100-130 * 42-52 мкм. Інвазійні личинки довжиною 420-630 мкм, стилєт 22-28 мкм, хвіст 34-38 мкм. Бокове поле с чотирма лініями [229, 254].

Яйця видів нематод роду *Punctodera* розмірами 105-126*46-55 мкм. Личинки другого віку довжиною 350-490 мкм, стилєт 24-26 мкм, хвіст 63-

78 мкм, гіалинова частина хвоста 38-41 мкм. Бокове поле з трьома або чотирма лініями [254].

У видів роду *Globodera* цисти округлі без вульварного конусу. Розміри: 0,4-1,1*0,3-1,0 мм. Самці довжиною 0,9-1,2 мм. Яйця розмірами 93-105*43-50 мкм, інвазійні личинки довжиною 320-570 мкм, стилет 21-25 мкм, хвіст конічний [286].

Самиці і цисти роду *Heterodera* лимоноподібної форми з короткою шиєю і термінальним вульварним конусом. Субкристалічний шар є чи відсутній. Вульва знаходиться на задньому кінці тіла, довжина щілини вульви в межах 10-60 мкм. Анус розміщений на спинній стороні конуса. Анально-вульварна пластинка переважно амбіфенестального, рідше біфенестального типу. Анальна фенестрація відсутня. Для ряду видів характерна наявність заднього мосту і буллі *Punctodera* [229, 254].

У самців бокове поле з чотирма лініями, головний відділ переважно відокремлений, з трьома-шістьма кільцями. Спікули довжиною понад 30 мкм з розщепленим чи одинарним кінчиком. В інвазійних личинок головний відділ не відокремлений від тіла. Стилети менше 30 мкм. Хвіст з гіалиновою частиною. Фазміди у вигляді крапок [229, 254].

Аналіз морфо-анатомічної будови гетеродерід, вказує на необхідність уточнення видових відмінностей особливо роду *Heterodera*, до якого належить нині переважна більшість цистоутворюючих нематод. Метод ізоелектричного фокусування, який останніми роками використовують у систематиці нематод, дає змогу виділяти характерні для видів протейнові лінії, але чітких їх відмінностей між різними патотипами не виявлено [279, 310, 317]. Можливо, комплексне застосування морфо-анатомічних, біохімічних та інших методів дасть змогу в майбутньому об'єктивно оцінювати расовий склад популяцій цистоутворюючих нематод із різних регіонів і країн [281, 340, 362, 364, 373, [434, 463, 464, 481 485, 492, 497].

1.3 Біолого-екологічні особливості

В життєвому циклі цистоутворюючих нематод виділяють такі фази: яйце, личинки (інвазійні другого віку, паразитуючі третього і четвертого віків), дорослі особини: самець і самиця, а також циста, яка забезпечує багаторічне виживання потомства за несприятливих для розмноження умов [143, 170, 207, 573].

Гетеродеріди зустрічаються практично у всіх типах ґрунтів, але найбільш сприятливими для їх існування вважають легкі, добре оструктурені і аеровані [369].

За даними Й.Й. Кораба і А.П. Бутовського [126], сильно зараженими були ґрунти збагачені перегноєм, солончаково-карбонатні і осолоділі тонко-пилуватого механічного складу з високим рівнем залягання ґрунтових вод.

Оскільки кислі ґрунти часто відзначалися високим ступенем заселеності буряковою нематодою, вважали що кисла реакція ґрунтового розчину сприяє її розвитку. Однак, на нейтральних і слабко лужних ґрунтах досить часто зустрічалися осередки гетеродерозу зі значним ураженням бурякокультур [138].

Глибина локалізації цист нематод, насамперед залежить від вирощування певних рослин-живителів, типу ґрунту, прийомів і способів його обробітку. При цьому, більшість популяції гетеродерід зосереджується в орному шарі ґрунту [247]. Проте, в «старих» нематодних вогнищах цисти бурякової нематоди можуть накопичуватися на глибині 30-40 см, а окремі екземпляри зустрічатися до 1,5 м [126].

У стані анабіозу личинки досить витривалі до несприятливих умов навколишнього середовища. Зокрема здатні переносити великі коливання як температури (від -20 до $+45$ °C), так і надмірної вологи чи тривалої посухи. Однак, пороги активного життя значно вужчі порогів виживання [161, 242, 249].

Домінуючими абіотичними чинниками впливу на вихід личинок із цист, їх переміщення у ґрунті, тривалість розвитку тощо є температура і вологість [64, 94, 133, 137, 313, 326, 393, 437, 534, 565].

Зокрема, вихід личинок із цист вівсяної нематоди відбувається лише при чергуванні різних позитивних температур [334]. Нижня температурна межа становила 4-6 °С. Максимум виплоджування спостерігався за температури від 15 до 20 °С [133].

Вихід личинок другого віку золотистої картопляної нематоди відбувається при 6 °С. Інвазія коренів картоплі розпочинається при прогріванні ґрунту до 7,5 °С, а повітря – до 10,3 °С [590].

Активація личинок бурякової нематоди відбувається при +10 °С [258, 267, 436]. Згідно результатів наших досліджень, поодинокий вихід інвазійних личинок із цист відмічався уже при позитивних температурах у межах 7,8-8,3 °С [4].

Значну стимулюючу дію на потомство цистоутворюючих нематод проявляють кореневі дифузати відповідних рослин-живителів. Вважають, що за рахунок запасів ембріонального жиру вони можуть залишатися життєздатними в ґрунті понад місяць [133, 189, 368, 425, 454, 511, 565, 566, 581, 607].

Після проникнення в корені рослин подальший їх розвиток супроводжується линькою і зміною форми тіла. Спочатку вони набувають циліндричної, потім “пляшкоподібної”, а згодом лимоноподібної (бурякова, вівсяна) чи кулястої (золотиста картопляна) [98, 119].

При цьому, найбільш тривалим, близько двох тижнів, є розвиток від личинки другого до личинки третього віку. Онтогенез наступних фаз протікає за 6-10 днів. В середньому через місяць з початку заселення, на коренях уражених рослин, можливо візуально діагностувати поодиноких білих самиць в шкірці личинки четвертого віку. На ранніх етапах вони можуть бути вкриті субкристаліновим шаром, який з часом зникає [98, 120, 386].

Типові ознаки ураження надземної частини рослин, проявляються особливо в період масового з'явлення самиць на коренях. У вівсяної нематоди ці терміни здебільшого співпадають із фазою трубкування рослин, а золотистої картопляної – з періодом цвітіння картоплі. Однак, для кожної конкретної зони, строки проведення обстежень за типовими ознаками гетеродерозів рослин, потребують уточнення [231, 401].

Самці, за період свого розвитку, набувають червоподібної форми. При досягненні статевої зрілості вони виходять із оболонки личинки у ґрунт. Самці досить рухливі, завдовжки 1,0-1,5 мм, завширшки 0,035-0,045 мм. Після запліднення самиць, через деякий час гинуть [119, 200].

Запліднені самиці відкладають яйця. Деякі види, наприклад бурякова нематода, до 10 яєць може відкласти разом із желатиноподібною масою у вигляді “яйцевого мішка”. Більшість же яєць залишається в яєчниках самиці. Поступово вся порожнина тіла заповнюється яйцями. Зовнішній покрив самиць спочатку набуває світло-коричневого, а з часом бурого кольору, стає твердим і вони перетворюються в цисти. Плодючість бурякової та інших видів нематод коливається в межах від 80 до 200-250 яєць, але може досягати 500 яєць, а у золотистої картопляної – навіть 1000 яєць [207, 231].

Розвиток личинок першого віку відбувається в яйцевих оболонках. Ці личинки характеризуються зернистою структурою стравоходу, невеликими ядрцями стравохідних залоз і вільних протоків субвентральної травної залози [304]. Після першої линьки утворюються личинки другого віку. Вони відрізняються світлим кольором і багаточисленними гранулами в середині субвентральної залози, великими ядрами і добре вираженою кільчастістю кутикули [315, 327].

Для завершення однієї генерації бурякової нематоди необхідна сума ефективних температур 437°C при нижньому порозі розвитку 10°C [138, 230, 237].

Залежно від ґрунтово-кліматичних умов і виду злакової культури розвиток вівсяної нематоди відбувався за 42-80 днів [247, 430].

З часу заселення коренів личинками і до утворення цист було необхідно від 6 до 9 тижнів [229, 590].

За вегетаційний період золотиста картопляна і вівсяна нематоди завершують одну генерацію [174, 189, 231, 581]. Розвиток наступних поколінь можливий за умови перебування потомства в діапаузі, яка в країнах Європи може тривати від декількох місяців до одного року [98, 324, 430].

Бурякова нематода розвивається на буряках цукрових у двох генераціях, а в окремі сприятливі роки – трьох, а на насінниках – одній чи двох [4].

В умовах зміни клімату необхідно уточнення біоекологічних особливостей як уже відомих, так і раніше не досліджуваних видів, з метою пізнання закономірностей їх розвитку, визначення потенціалу розмноження на культурній і сеgetальній рослинності, встановлення оптимальних строків проведення фітосанітарного моніторингу в період масового з'явлення самиць на коренях.

1.4 Шкідливість

Фітопаразитичні нематоди діють на рослини механічно, біохімічно, а також використовуючи їх в якості трофічних ресурсів. Для них властива наявність певних органів, які забезпечують їх тісну взаємодію з рослинами-живителями. Зокрема, це колюче-сисний орган – стилет, який служить для проколювання стінок клітин рослин, а також залози стравоходу (одна дорзальна і дві субвентральні). Секрети субвентральних залоз відіграють значення при проникненні і переміщенні нематод в клітинах рослин, тоді як дорзальної залози індикують утворення синцитія чи гігантських клітин [255, 342, 348, 350, 406, 408, 452, 474, 556, 557, 579, 584, 589].

Секрети дорзальної залози надходять через стилет в унікальні утворення – живильні трубки, а потім в цитоплазму клітин. Ці трубки функціонально діють як молекулярне сито, що запобігає надходженню в травну систему нематод крупних молекул їжі [255, 530].

В кишечнику самиць цистоутворюючих нематод виявлено цистеїнові (катепсини), серинові (трипсини) протеїнази. Дані ферменти беруть участь в перетравлюванні рідкої їжі. У виділеннях нематод, крім білків, також діагностовано вуглеводи, ліпідні компоненти, аміак, амінокислоти, аміни, 1,2 дикарбонові кислоти, альдегіди і органічні кислоти. Ці продукти життєдіяльності можуть зумовлювати загибель рослинних клітин і тим самим бути токсинами [255, 451, 552].

Паразитування нематод зумовлює морфологічні, фізіологічні і патологічні зміни клітин рослин-хазяїв [108, 161, 225, 259, 278, 289, 292, 309, 318, 333, 342, 390, 423, 428, 442, 456, 528, 551, 569, 578, 594, 614].

При цьому, зовнішні ознаки ураження рослин (відставання в рості і розвитку, хлорози, в'янення і засихання листя, пагонів чи всієї рослини) візуально проявляються при сильній інвазованості коренів нематодами [126, 196, 209, 302, 367, 499, 506]. Однак за низької чи середньої заселеності, інвазовані рослини візуально можуть не відрізнятися від здорових, що ускладнює діагностування гетеродерозів [207, 335, 352, 613]. Досить часто коренева система, особливо буряків та картоплі, може мати характерний вигляд бородатості через надмірну кількість дрібних корінців [370, 383, 398, 500, 586].

Рівень втрат урожаю сільськогосподарських культур в значній мірі залежить від вихідної щільності популяцій цистоутворюючих нематод [144, 160, 186, 210, 299, 381, 392, 404, 435, 494, 597].

Простежуються також певні закономірності в проявах шкідливості бурякової нематоди залежно від механічного складу ґрунту. Так, за вихідних щільностей: 250, 750, 3550 личинок урожайність на легкому

грунті (супісках) знижувалась відповідно на 8, 22 і 64 %; середньому суглинку – 3, 12 і 28 %; важкому – 2,2, 16 і 55% [211, 213].

В Україні на малогумусних чорноземах початкове зниження продуктивності бурякокультур відбувається за допосівної чисельності бурякової нематоди в межах 160-180 яєць і личинок/100 см³ ґрунту. Економічний поріг шкідливості (ЕПШ), при перевищенні якого доцільно застосовувати засоби захисту становить 200 яєць і личинок/100 см³ ґрунту [4, 207].

Насінники буряків ще більш чутливі до ураження буряковою нематодою, що зумовлено сильно розвиненою надземною масою рослин і слабким розвитком кореневої системи. Так, уже при вихідній щільності популяції близько 500 яєць і личинок/100 см³ ґрунту зниження маси 1000 насінин складало 3,3 г, енергії проростання – 8,2%, схожості – 5,1% [207].

Втрати урожаю зернових культур також в значній мірі залежали як від рівня вихідної заселеності ґрунту вівсяною нематодою, так і регіону досліджень [323, 395, 471, 615]. Так, в Австралії початкове зниження урожайності пшениці відбувається при допосівній чисельності 50 яєць і личинок, а в Швеції – понад 300 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту [518].

В Німеччині економічний поріг шкідливості для вівса знаходиться в межах 125-330, пшениці озимої – 370 - 950, ячменю ярого – 330 - 1620, а ячменю озимого – 260 - 1140 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту [460].

У Центральному Поліссі України біологічним порогом шкідливості вівсяної нематоди для зернових колосових культур є допосівна щільність 1-5 яєць і личинок в 1 см³ ґрунту [247]. Крім безпосередніх втрат, негативна дія нематод призводить до зниження якісних показників урожаю, зокрема енергії проростання і схожості зерна, вмісту клейковини, тощо.

Поріг толерантності картоплі до золотистої картопляної нематоди, залежно від сорту, становить від 500 до 1000 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту [265, 351, 482]. При цьому продуктивність сприйнятливих до

фітопаразита сортів знижувалася на 20% і 35% при допосадковій заселеності 1000 і 5000 личинок, тоді як аналогічні втрати урожаю стійких сортів були відповідно при 5000 і 10000 личинок в 100 см³ ґрунту [107, 196].

Ряд вчених відмічають також негативний вплив на якісні показники урожаю [105, 142, 242, 248, 252, 590, 602, 604]. Так, вміст крохмалю в бульбах з осередків глободерозу був нижчим на 0,6%, білку – 0,05%, вітаміну С 3,32%, сухої речовини на 4-5%.

В сучасних ринкових умовах все більшої актуальності набуває розробка моделей прогнозу потенційних втрат урожаю від шкідливих організмів. Досвід передових країн свідчить, що такі прогностичні моделі будуть найбільш реалістичними і досконалими за умови оцінки впливу домінуючих чинників на потенційну урожайність культур. Механічне перенесення їх в інші регіони у більшості випадків призводить до неадекватності прогнозованих втрат урожаю і як наслідок, значних похибок при обґрунтуванні і виборі заходів захисту [124, 200, 209, 212, 213, 214, 261, 268, 295, 328, 524].

За кордоном за останнє півстоліття найбільше визнання нематологів отримала лінійна модель залежності: нематоди – урожай, голандського вченого Оостебрінка (1966) та експонціальна Сейнхорста (1972) [500]. Окремі модифікації даних моделей наведено також в роботах інших вчених [212].

Чітка лінеаризація відклику зниження продуктивності культур за різної зараженості ґрунту в лінійній моделі досягається завдяки логарифмуванню показників вихідної чисельності нематод. Проте, ігноруючи переважно не лінійну, а фактично синусоїдальну залежність втрат урожаю, важко досягнути високої адекватності прогнозу одночасно за низької, середньої і високої допосівної заселеності ґрунту цистоутворюючими нематодами. Тому, розраховані згідно моделі

потенційні втрати урожаю часто були завищеними чи навпаки заниженими в одному із інтервалів вихідної чисельності шкідливих нематод [212].

Більш досконалою, порівняно з лінійними моделями, є експоненціальна модель Сейнхорста, яка отримала найбільше визнання у світі і використовується в різних модифікаціях до теперішнього часу. Вона передбачає зменшення шкідливого впливу кожної особини нематод в міру зростання їх загальної чисельності, а також враховує вплив зворотної дії рослини-господаря на популяцію нематод [212].

Основним недоліком моделі в її класичному вигляді є жорстка залежність прогнозованих втрат урожаю сільськогосподарських культур від рівня вихідної заселеності ґрунту. Тому, для підвищення адекватності прогнозу емпіричних моделей необхідна також оцінка впливу інших важливих чинників, здатних безпосередньо чи побічно впливати на популяції седентарних фітопаразитів чи стан рослини: видові і сортові особливості культур, гідротермічні умови вегетаційного періоду тощо.

Згідно досліджень, проведених в умовах Казахстану, зроблено висновок, що зниження продуктивності цукрових буряків від допосівної чисельності не відбувається пропорційно збільшенню чисельності шкідливого організму, а є більш складним процесом з наявністю „стрибків” у втратах урожаю при визначених рівнях заселеності ґрунту. Для моделювання цього процесу вчені виділяють такі ділянки залежності: 1 – зона толерантності, 2 – уповільненого зниження продуктивності, 3 – прискореного, 4 – відносної стабілізації, 5 – втрат урожаю, близьких до повної загибелі рослин [211, 212].

Проте, надмірна деталізація також не завжди виправдана і значно ускладнює практичне використання прогностичних моделей. Провести чітку розмежованість між окремими ділянками залежності (уповільненого і прискореного зниження урожайності, а також між відотною стабілізацією і втратами урожаю близькими до повної загибелі) досить проблематично, враховуючи прямий і побічний вплив на ці показники

кліматичних умов вегетаційного періоду. Так, витривалість рослин до нематодозів за надмірного зволоження чи прохолодної погоди була суттєво вищою, а за тривалої посухи значне зниження продуктивності відбувалося навіть за середньої заселеності ґрунту. Ще більші втрати урожаю спостерігали в осередках високої чисельності нематод), особливо за температур вище 28-30 °С. Суховії викликали необоротні процеси в'янення сильно уражених рослин. Внаслідок порушення водного балансу тургор не відновлювався, що призводило до передчасного відмирання листя спочатку нижніх ярусів, потім середнього, а пізніше загибелі всієї рослини. Вологість стійкого в'янення, яка визначається у відсотках до абсолютно сухого ґрунту, в осередках поширення цистоутворюючих нематод наступала при значно вищих показниках вологозабезпеченості, порівняно з незаселеними ділянками. При цьому, найбільш критичними для уражених рослин були періоди масового з'явлення на коренях білих самиць кожної генерації [5, 8, 10, 42].

Критичний аналіз двадцятирічних експериментальних досліджень, проведених нами у різних ґрунтово-кліматичних зонах, дає змогу з високою вірогідністю виділити такі ділянки (інтервали) залежності між допосівною заселеністю ґрунту та втратами врожаю:

1. Зона толерантності – за низьких вихідних чисельностей нематод відмічено стимулюючу дію на захисні реакції рослинного організму, що забезпечує швидке відновлення уражених коренів, а відповідно – задовільні умови росту і розвитку рослин. При цьому продуктивність культур не знижується, а в деяких випадках навіть збільшується.

2. Зона шкідливості – фактичні втрати врожаю, виражені графічно, спочатку зростають поступово і криволінійно, потім лінійно і пропорційно рівню вихідної чисельності нематод, а далі знову криволінійно і уповільнено. На вказаній ділянці залежності доцільно для кожного виду нематод виділити критичну щільність популяції, за якої відбувається початкове зниження врожайності – поріг толерантності (витривалості), а

також економічний поріг шкідливості – чисельність шкідливого організму, за перевищення якої заходи захисту забезпечують прибуток, підвищують рентабельність та знижують собівартість продукції.

3. Зона стабілізації відносних втрат урожаю – за дуже високих чисельностей спостерігається явище десенсибілізації, коли зниження врожаю в перерахунку на кожну окрему особину поступово і плавно зменшується внаслідок внутрішньовидової конкуренції нематод за трофічні ресурси [8, 42].

Головною перевагою комп'ютерного моделювання є також те, що воно дає змогу досліджувати, навіть такі властивості ураження рослин, зокрема глободерозу, які не можуть бути встановлені прямими експериментальними методами через карантинні чи економічні обмеження [268].

Отже, розробка прогностичних моделей є надзвичайно актуальною і для сучасних умов господарювання України, оскільки прогнозування імовірних втрат урожаю від шкідливих організмів, дозволяє диференційовано обирати заходи захисту залежно від їх окупності.

Такі моделі можуть бути достатньо адекватними для цистоутворюючих нематод завдяки їх біолого-екологічним особливостям, зокрема високій виживаємості потомства у стані анабіозу (понад 10 років), мінімальній міграції інвазійних личинок у ґрунті, седентарному способу фітопаразитовання, обмеженій кількості генерацій за період вегетації (1-3), відносно вузькій трофічній спеціалізації видів (олігофаги) а також високій кореляційній залежності між рівнем вихідної і післязбиральної чисельності нематод та допосівною чисельністю і втратами урожаю. Достовірність розроблених моделей буде значно вищою за умови врахування зональних ґрунтово-кліматичних умов, а також видових і сортових особливостей культурних рослин [8].

1.5 Традиційні і сучасні методи виявлення та ідентифікації цистоутворюючих нематод

Традиційний моніторинг агробіоценозів на заселеність цистоутворюючими нематодами здійснюють методом відбору і аналізу рослинних чи ґрунтових зразків [56, 147, 162, 216, 219, 229, 301, 413].

Масовий розвиток самиць на корнях зумовлює прояв візуальних ознак ураження рослин, які на зернових колосових співпадають з фазою виходу в трубку, початку колосіння, картоплі – періодом цвітіння. На заселеність угідь буряковою нематодою кращими термінами є кінець червня, початок липня. Проте для кожної конкретної зони, строки проведення маршрутних обстежень потребують уточнення [231, 401].

На посівах буряків цукрових на двох діагоналях поля викопують по 20 рослин. Першочергову увагу звертають на пригнічені, відсталі в рості і розвитку рослини з блідо-зеленим чи жовтуватим забарвленням забарвленням листя, яке вяне в жарку пору [17, 81, 138].

Осередки ураження рослин люцерновою нематодою добре помітні уже в кінці травня-червні. До першого укусу вони виділяються жовтуватим забарвленням і низькорослістю, а пізніше проявляються у вигляді жовто-бурих осередків на фоні відростаючої люцерни.

Для цього з площі до 100 га відбирають і аналізують 10 зразків по 10 рослин. Ступінь ураження (в балах) встановлюють згідно наступної шкали: 0 – неуражені рослини; 1 – рослини без зовнішніх ознак ураження, але з наявністю самиць на коренях; 2 – рослини, інвазовані самицями і цистами, з ознаками гетеродерозу [264].

Типовими ознаками ураження конюшини є затримка росту і розвитку, тонкі пагони, дрібні листки, слабке цвітіння, іноді проявляється пожовтіння рослин. При сильному ураженні можлива загибель рослин. Виявлення, облік і обстеження посівів на заселеність конюшинною нематодою рекомендовано проводити згідно методики для люцернової нематоди [264].

Первинне обстеження на ураженість колосових культур вівсяною нематодою здійснюють на початку фази колосіння, коли на коренях уражених рослин добре помітні самиці молочно-білого кольору.

З площі до 5 га по двох діагоналях поля відбирають 10 проб (5 з кожної діагоналі); від 5 до 100 га – 20 проб (10 з кожної діагоналі). Кожна проба містить 5 рослин, викопаних в одному місці). При більших за площею угідь, на кожні 50 га додатково відбирають і аналізують по 5 проб (25 рослин) [249].

На ураженість картоплі золотистою картопляною нематодою першочергово обстежують присадибні ділянки і городи, де накопичення інвазії відбувається набагато швидше, порівняно з полями сівозмін. Підозрілі на глободероз кущі викопують, а кореневу систему аналізують на наявність самиць за допомогою лупи [113].

Отже, наведені в різних першоджерелах методики візуального діагностування гетеродерозів суттєво різняться, що ускладнює порівняння результатів моніторингу, різних вчених.

В 90-х роках минулого століття була апробована також методологія аеровізуального діагностування осередків глободерозу з використанням малоавіаційних керованих літальних апаратів. Проте, через високу вартість дистанційного обстеження, даний спосіб не набув широкого практичного впровадження [99].

Грунтові зразки відбирають восени після збирання урожаю або весною до посіву культур. Зокрема, на заселеність буряковою нематодою рекомендовано в 40 місцях відбирати пробовідбірником з глибини 10-20 см первинні проби із розрахунку один середній зразок з площі 20-25 га [138].

Для встановлення заселеності угідь вівсяною нематодою з площі до 5 га відбирають 25 первинних проб (12-13 з кожної діагоналі), із яких після ретельного перемішування формують два середніх зразки. З поля до 50 га

беруть 50 первинних проб (4 середні зразки). Поля понад 50 га ділять на дві рівні частини і обстежують кожну окремо [249].

При обстеженні на заселеність золотистою картопляною нематодою з кожної ділянки площею до 0,25 га по рівномірній сітці відбирають 50 первинних проб по 5 см³ ґрунту. Більші за площею угіддя попередньо розбивають на ділянки по 0,25 га. Таким чином, з кожного гектара рекомендовано відбирати чотири середні зразки за наведеною вище методикою [113].

Детальне обстеження (картування) полів здійснюють після первинного виявлення цистоутворюючих нематод. Для відбору зразків доцільно застосовувати механічні пробовідбірники [4, 113, 138].

Зважаючи на особливості розвитку цистоутворюючих нематод та симптоми прояву спричинених ними хвороб система нематологічного моніторингу включає вісім основних етапів: візуальне виявлення вогнищ гетеро-та глободерозу, який проводиться в польових умовах; відбір зразків рослин і прикореневого ґрунту у вогнищах захворювання, а також відбір зразків ґрунту при первинному обстеженні полів та присадибних ділянок; виділення цист, личинок і самців з проб у лабораторних умовах; визначення видової належності зібраних нематод; визначення рівня чисельності нематод в 100 см³ ґрунту, 1 г коренів чи цист на коренях однієї рослини; картування вогнищ; встановлення рівня шкодочинності досліджуваних популяцій шляхом застосування кореляційного та регресійного аналізів; складання прогнозу [162, 229].

Ідентифікацію гетеродерід здійснюють за формою і середніми розмірами цист, особливостями будови анально-вувльварних пластинок, а також за морфометричними показниками, зокрема довжини стилету і гіалинової частини хвоста личинок другого віку, будови головної шапочки інвазійних личинок та самців та деякими іншими. Для визначення трофічних рас гетеродерід також застосовують рослини-диференціатори [98, 118, 229, 258, 341, 377, 418, 493, 574].

Останнім часом для ідентифікації видового складу гетеродерід стали застосовувати біохімічні, молекулярно-генетичні методи: ізоелектричного фокусування білків, ферментного імуносорбентного та імунофлюоресцентного аналізу а також метод полімеразно-ланцюгової реакції (ПЛР) та його модифікації, які дають змогу діагностувати близькоспоріднені види цистоутворюючих нематод [229, 274, 277, 280, 290, 339, 353, 354, 362, 363, 378, 419, 420, 465, 498, 501, 502, 527, 529, 531, 532, 568].

І хоча ці методи потребують спрощення методик та зниження матеріалоємності, з роками вони набувають все більшого впровадження в практиці фітосанітарних служб, проте вони стосуються переважно фітопаразитичних нематод карантинного значення [229].

Зважаючи на нинішню високу вартість ПЛР аналізів, необхідно вдосконалення традиційних методів діагностування гетеродерід, серед яких для виробництва найбільш доступним є метод біотестування, а високо затратні молекулярні – доцільніше використовувати для ідентифікації нових для науки видів нематод.

Значні затрати часу і фізичної праці, відсутність універсальних методик відбору ґрунтових зразків та сучасних балових шкал діагностування гетеродерозів, тощо є основними причинами, що традиційний моніторинг цистоутворюючих нематод так і не став масовим, за виключенням лише фітосанітарного контролю карантинних організмів.

1.6 Комплекс протинематодних заходів

Системи захисту від цистоутворюючих нематод включають: карантинні і організаційно-господарські заходи, агротехнічний, імунологічний, біологічний та хімічний методи [90, 91, 256, 322, 336, 438, 447, 466, 486, 490, 495, 599, 609, 616, 617].

1.6.1 Карантинні та організаційно-господарські

З метою запобігання занесенню на територію України блідої картопляної нематоди, об'єкта зовнішнього карантину та ліквідації вогнищ обмежено поширеної золотистої картопляної нематоди, необхідно суворе дотримання правил фітосанітарної безпеки. Зокрема, заборона на завезення інвазованого садивного матеріалу, постійний моніторинг за фітосанітарним станом агроценозів, а в разі виявлення осередків глободерозу – накладання карантину, запровадження фітосанітарних заходів, дотримання просторової ізоляції насінневих посадок від ділянок картоплі присадибного сектору, використання садивного матеріалу стійких сортів, локальне застосування нематицидів [86, 141, 146, 190, 192, 232, 288, 330, 342, 521, 562].

Інформаційно-просвітницькі заходи передбачають проведення роз'яснювальної роботи щодо шкідливості нематод, способах їх поширення, доступних методах виявлення та контролювання [261].

Організаційно-господарські заходи першочергово повинні запобігати подальшому розселенню та накопиченню чисельності цистоутворюючих нематод. Зокрема, джерелом утворення нових осередків бурякової нематоди може бути фільтропрісна грязь цукрових заводів, а також маточні коренеплоди, які були зібрані з полів, заселених паразитом. Цисти всіх видів фітонематод також разносяться ґрунтооброблювальною технікою (плугами, культиваторами, сівалками), знаряддями праці людини тощо [260, 263, 212].

Проте, аналіз публікацій, здебільшого фрагментарних досліджень, вказує на необхідність уточнення домінуючих абіотичних, біотичних і антропогенних чинників розселення цистоутворюючих нематод.

1.6.2 Попередники і протинематодні сівозміни

За відсутності в сучасних умовах господарювання регламентовано-планового вирощування сільськогосподарських культур, запровадження протинематодних сівозмін має бути основним профілактично-запобіжним заходом їх масового накопичення.

Включення в сівозміну несприйнятливих для розмноження культур не вимагає значних додаткових витрат, а тому є доступним методом контролю чисельності популяцій гетеродерід [58, 78, 95, 140, 151, 227, 585].

До рослин-антагоністів бурякової нематоди відносять люцерну, кукурудзу, жито, цибулю, цикорій, ячмінь, вику, горох, квасолу, соняшник, гречку, боби. Нейтральними вважають – картоплю, моркву, люпин, коноплі, мак. Рослинами-живителями бурякової нематоди є переважно представники родин лободових і капустяних: цукровий, столовий і кормовий буряки, шпинат, ріпак, свиріпа, бруква, всі види капусти, гірчиця [19, 126, 285, 388, 610].

Найбільше значення в очищенні ґрунту від бурякової нематоди мають рослини-антагоністи. Вони здатні своїми виділеннями провокувати вихід личинок із цист, проте перешкоджати проникненню їх в тканини коренів. Згідно досліджень Vinduska, ячмінь знижував заселеність ґрунту на 57 %, люцерна – 64%, пшениця озима – 73%, картопля – 84% [596].

В Киргизії найбільшого зниження чисельності бурякової нематоди – 59% досягалося після вирощування пшениці, тоді як люцерна і кукурудза забезпечували біологічне очищення ґрунту лише на 38% і 20% [94, 257].

На торф'яних ґрунтах, щільність популяції бурякової нематоди після вирощування буряків в середньому збільшувалася в 4,5 рази, а при розміщенні в осередках гетеродерозу капусти, ще на 83%. Наступні посіви несприйнятливих культур забезпечували зниження рівня заселеності ґрунту: після вівсу з післяжнивним посівом жита озимого близько 23%,

вівсу з підсівом багаторічних трав – 27%, картоплі – 28%, моркви – 29%, багаторічних трав – 35% і кукурудзи – 39% [135,136].

Отже, такі культури як багаторічні бобові трави, зернові колосові, горох, кукурудза зумовлюють зниження рівня заселеності ґрунту буряковою нематодою. Проте повного очищення ґрунту не досягається, навіть за тривалого їх вирощування. При поверненні на попереднє місце буряків цукрових, личинки які збереглися в цистах, утворюють нове численне потомство [114, 116, 121, 127, 217, 230, 253]. Тому, ефективне контролювання чисельності популяцій можливе лише за оптимального поєднання культур у ланках сівозміни.

Вівсяна нематода здатна паразитувати на понад 20 зернових колосових, злакових трав та бур'янів [270]. Однак, ступінь ураження різних видів злаків суттєво відрізняється. Так, в країнах Прибалтики значна шкідливість проявляється на вівсі, ячмені, рідше – житі [157].

У Центральнo-чорноземних областях Росії найбільше уражується овес, тоді як в інших регіонах – пшениця яра [106]. В Україні фітопаразита виявлено на вівсі, ярій і озимій пшениці, ячменю, кукурудзі [167, 169, 247].

Серед злакових трав, основними рослинами-живителями вівсяної нематоди є житняк, костриця безоста, райграс, грястиця збірна та деякі інші [98, 106].

Окремі автори вважають, що бур'яни також можуть бути добрими рослинами-живителями цистоутворюючих нематод та сприяти їх розмноженню аналогічно сільськогосподарським культурам [126, 306].

Для бурякової нематоди це в основному представники із родини лободових і капустяних (редька польова, гірчиця польова, грицики), вівсяної – злакових (пирій повзучий, вівсюг, куряче просо, польовиця), золотистої картопляної – пасльонових (паслін чорний, блекота) [81,104,113, 119, 247].

Поширення бур'янів в проміжках між повторним вирощуванням культур-господарів підтримує чисельність цистоутворюючих нематод на

високому рівні і знижує протинематодну ефективність сівозміни [80, 265, 332, 349, 385, 416].

Проте, згідно наших досліджень незначне розмноження бурякової нематоди спостерігалось лише на сильно забур'яненних ділянках з низьким вихідним рівнем заселеності ґрунту. За допосівної чисельності понад 2000 яєць і личинок/100 см³ ґрунту відбувалося зниження чисельності популяції, навіть при наявності понад 25 капустяних і лободових бур'янів на 1 м² [4].

Таким чином, питання впливу і ролі бур'янів в накопиченні чисельності цистоутворюючих нематод є недостатньо вивченим і потребує подальших досліджень.

Включення у сівозміну люпину, гороху, картоплі, льону, цукрових буряків, конюшини, кукурудзи, гречки, овочевих культур, чорного пару знижувало вихідну щільність популяції вівсяної нематоди за один вегетаційний період на 35-80 % [245].

Бобові культури вважають кращими попередниками пасльонових в осередках поширення золотистої картопляної нематоди. Так, згідно даних В.П. Єфременка після вирощування люпину, гороху вихідна чисельність знижувалась в середньому на 60% [104]. Дещо менше, від 28,4 % до 42,1 %, знижували щільність популяції такі культури як гречка, буряк кормовий, кукурудза, просо, ячмінь, пшениця яра. Посіви багаторічних трав забезпечували очищення ґрунту від глободери в межах 44-61%, а вико-вівсяної суміші – 20-52%.

Ефективність проміжних культур. В останні роки, в багатьох господарствах після збирання урожаю основної культури, проводять сівбу проміжних культур на зелений корм чи сидерат. Найчастіше використовують зернові, бобові і капустяні культури. Розміщення їх в сівозміні дає змогу не тільки отримати додаткову продукцію з одиниці площі, але і забезпечує зниження рівня заселеності ґрунту

цистоутворюючими нематодами та засміченності бур'янами [129, 237, 321, 448, 543].

Важливо також, що післяжнивні посіви не проявляли негативного впливу на урожайність наступної культури – буряків цукрових, а за умови їх використання на зелене добриво спостерігалася тенденція до підвищення цукристості коренеплодів [18, 58, 208].

Найбільша протинематодна ефективність досягалася розміщенням в осередках імунних сортів капустианих олійних культур, в коренях яких завершення повного циклу розвитку бурякової нематоди не відбувалося. При цьому, вирощування олійної редьки сорту Пеглета, Матор, Ремонта і гірчиці сорту Мартигена – забезпечувало біологічне очищення ґрунту, навіть на глибинах, недосяжних для хімічного знезараження [4, 207, 208, 234, 237, 334, 338, 361, 542, 547].

В разі використання нестійких сортів олійної редьки, зниження чисельності бурякової нематоди досягалося лише за пізніх строків сівби капустианих культур [4, 237].

Окремі вчені рекомендували застосовувати “провокаційні” посіви вівса для зниження рівня заселеності ґрунту вівсяною нематодою [249]. Однак, у досліджах В. Термено, використання таких “ловчих” посівів з наступним вирощуванням кормових культур було недостатньо ефективним протинематодним заходом [247].

Разом з тим, зважаючи, що останнім часом, значно скоротилося внесення традиційних органічних добрив (гною), використання сидератів має стати як одним із джерел збагачення ґрунту органічною речовиною так і підвищення в цілому протинематодної ефективності сучасних сівозмін [242, 400, 601].

Проте слід враховувати, що незважаючи на високу протинематодну ефективність окремих культур, досягнути біологічного очищення ґрунту до економічно-невідчутного рівня можливо лише за оптимального їх поєднання. Зокрема, в умовах України найбільшого зниження

щільності популяції бурякової нематоди досягалося в таких ланках сівозміни: горох – кукурудза на зелений корм – жито; ячмінь з підсівом конюшини – конюшина – жито; люцерна – люцерна – жито [139, 140].

Сівозміни також є основним заходом контролю гетеродерід і в інших країнах світу [391, 546, 580]. Так, у Великобританії заборонено вирощування буряків та інших рослин-живителів бурякової нематоди без дотримання 3-річної перерви, а на заражених полях – 4-річної. В Німеччині буряки цукрові також розміщують в 3-4-пільних сівозмінах після пшениці озимої, ячменю і жита [347, 583].

В Італії для трьох регіонів розроблено 12 протинематодних сівозмін, з поверненням буряків на попереднє місце не раніше чим через 5-7 років. В Польщі, залежно від рівня заселеності ґрунту, рекомендується дотримуватися перерви тривалістю від 4 до 8 років, Данії – 3-5 років, Голландії – 2-3 роки за низької щільності популяції і 6-8 років за дуже високої [207, 576, 596].

В осередках поширення вівсяної нематоди доцільно в польові сівозміни на 3-4 роки включати бобові, зернобобові, просапні, технічні, круп'яні культури у поєднанні із чорним чи зайнятим паром [294, 443].

На заселених золотистою картопляною нематодою полях, пасльонові культури рекомендовано повертати на попереднє місце не раніше чим через 4 роки. Кращими попередниками вважають жито озиме, люпин, сою, кукурудзу, багаторічні трави, бобово-злакові суміші [151, 209, 387, 401, 582, 605]. Найбільш доцільне таке чергування культур: люпин, озимі зернові, нематодостійкий сорт картоплі, ячмінь; озимі зернові, люпин, озимі зернові, нематодостійкий сорт картоплі; озимі зернові, нематодостійкий сорт картоплі, ячмінь [113, 197, 265].

Радикальні зміни, які відбулися в сучасній структурі посівних площ основних сільськогосподарських культур, вимагають проведення глибоких досліджень щодо їх впливу на багаторічну динаміку чисельності гетеродерід.

За відсутнього нині регламентовано-планового вирощування культур, доцільне вдосконалення існуючих та розробка нових схем сівозмін чи окремих ланок з врахуванням їх як протинематодної ефективності, так і економічної доцільності.

1.6.3 Агротехнічні прийоми

Найбільш доступними і екологічно безпечними заходами захисту сільськогосподарських культур від нематод є агротехнічні. До основних агрозаходів відносять: систему обробітку ґрунту, застосування добрив, оптимальні строки сівби і збирання урожаю, контролювання бур'янів-резерватів тощо [73, 102, 193, 272, 273, 308, 473, 535].

Підготовка ґрунту. Ряд вчених вважають, що зниження чисельності нематод можна досягти відповідним обробітком ґрунту. Зокрема, інтенсивний обробіток ґрунту покращує його аерацію, активізує вихід личинок із цист, які за відсутності рослин-господарів гинуть [115, 265, 298, 374, 475]. Встановлено також позитивний вплив оранки на зниження щільності популяцій червоподібних фітопаразитичних нематод в агроценозах пшениці [82].

Своєчасно і якісно проведений зяблевий обробіток ґрунту забезпечує також ефективне знищення бур'янів-резерватів цистоутворюючих нематод.

Суворе дотримання оптимальних строків збирання зернових колосових культур, у поєднанні із пожнивним лушчінням стерні, порушує нормальний розвиток вівсяної нематоди і сприяє загибелі недорозвинених цист [249]. Однак, білі самиці бурякової нематоди, навіть після збирання урожаю коренеплодів завершували цикл розвитку, хоча і з меншою наповненістю їх яйцями і личинками [234].

Строки сівби. Сівба цукрових буряків у добре підготовлений ґрунт в оптимальні для даної місцевості строки сприяє отриманню дружних сходів. Наступний догляд за посівами (досходове боронування, своєчасне

формування густоти рослин, розпушування ґрунту в міжряддях, підживлення) забезпечує швидкий ріст і розвиток рослин, підвищуючи витривалість рослин до фітонематод [204, 207].

Вважають, що ранні строки сівби ярих колосових та інших культур дають змогу отримати сходи до початку масового виходу личинок із цист і тим самим знизити рівень інвазованості початкових, найбільш уразливих фаз росту та розвитку рослин [106, 212].

Проте, недоліком таких посівів є ризик втрат урожаю від весняних заморозків, а у цукрових буряків збільшення відсотку “цвітушності” рослин. Тому, потрібна чітка розробка “стратегії і тактики маневрування” строками сівби різних культур з урахуванням метеумов поточного вегетаційного періоду з метою передбачення як позитивних, так і потенційно негативних наслідків [204, 210, 212].

Вплив систем удобрення. Паразитування нематод у коренях рослин, насамперед знижує обсяг використання поживних речовин, які містяться в ґрунті. Тому, застосування добрив в рекомендованих нормах при оптимальному співвідношенні в них елементів живлення дає змогу підвищити витривалість сільськогосподарських культур до фітопаразитичних нематод [1, 111, 208, 209, 215, 271, 296, 316, 399].

Із мінеральних добрив нематотоксичні властивості проявляють азотні, які містять амоній, але здебільшого в концентраціях токсичних для рослин [231, 307].

Згідно окремих публікацій, найбільш ефективним було внесення калійної солі, натрієвої селітри і суперфосфату в нормах, що втриє перевищують рекомендовані. В ряді дослідів це знижувало також рівень заселеності ґрунту фітонематодами [127]. Однак, в нинішніх ресурсозберігаючих технологіях, застосування мінеральних добрив в таких нормах є економічно невигідним.

Потребує також подальших глибоких досліджень оцінка впливу на популяції цистоутворюючих нематод традиційних органічних добрив.

Деякі дослідники вважають, що підстилковий гній сприяє активному розмноженню природних антагоністів нематод: грибів, хижих нематод і кліщів, здатних контролювати шкідливих нематод [127, 217, 265, 537, 538, 592]. Згідно інших даних, внесений під буряки гній, опосередковано через оптимізацію умов живлення рослин, зумовлював переважання в популяції чисельності самиць, плодючість яких також була вищою [591].

За свідченнями молдавських вчених, позитивно впливають на ріст, розвиток і фотосинтез уражених рослин мікроелементи: борна кислота, сірчана мідь, йодистий калій і кобальт. Так, застосування в осередках гетеродерозу буряків сірчаної міді, йодистого калію у концентраціях 0,1 і 0,05%, підвищувало урожайність і цукристість коренеплодів [9, 164].

Вищу витривалість картоплі до глободерозу також забезпечувала обробка бульб мікроелементами (0,02% сульфату міді + 0,02% розчину перманганату калію), передпосівне внесення в ґрунт за 30 днів до висаджування $\text{Co}(\text{NH}_2)_2$ в нормі 100 г/м² в поєднанні з перепрілим гноєм (5кг/м²) і фосфорно-калійними добривами [129].

Під сприйнятливі до вівсяної нематоди зернові колосові культури рекомендовано вносити органічні і мінеральні добрива в поєднанні з мікродобривами (бор, марганець, мідь та інші елементи) [106].

Позитивні результати було отримано і від застосування алунітової руди. При внесенні меліоранта в осередках вівсяної нематоди із розрахунку 20 т/га зниження рівня заселеності склало 89,5% [247].

Заселені буряковою нематодою ґрунти, які мають кислу реакцію, також рекомендують вапнувати, оскільки в лужному середовищі знижується життєздатність яєць і личинок [63, 126, 230]. Зокрема, внесення вапнякових матеріалів (дефекату не менше 2-3 річного зберігання) в нормі 8-10 т/га пригнічувало розмноження бурякової нематоди на 60%, а використання хлористого калію (230 кг/га) – знижувало чисельність фітопаразита на 30% [207].

За нинішнього різкого скорочення норм внесення традиційних органічних добрив, доцільно залучення в кругообіг альтернативних джерел живлення рослин, першочергово побічної продукції зернових колосових культур та проведення досліджень щодо їх впливу на популяції цистоутворюючих нематод.

1.6.4 Стійкі сорти

В комплексі протинематодних заходів найбільш перспективним і економічно вигідним є створення і впровадження у виробництво імунних до нематод сортів сільськогосподарських культур [203, 224, 389, 405, 441, 455, 461, 489, 545, 549, 593, 612].

Механізм стійкості не пов'язаний з існуванням механічного бар'єру, який перешкоджає проникненню личинок в корені рослин. Однак, у імунних сортах інвазійні личинки не досягають статеві зрілості і гинуть, а ті, що завершили розвиток, переважно розвиваються в самців [71, 123, 458, 515, 540]. Інша ознака, на яку вказують вчені, це швидкість відновлення уражених коренів, що забезпечує вищу толерантність рослин до гетеродерозів [231].

Серед диких видів *Beta*, стійкість до бурякової нематоди мають лише *B. procumbens*, *B. patellaris*, *B. webbiana* [370, 383, 421]. Однак при їх схрещуванні з культурними видами буряків, ознака імунності не підтримувалась в наступних поколіннях.

Певні надії вчені покладають на створені в останні роки стійкі гібриди буряків цукрових [320, 382, 410]. Проте за продуктивністю вони переважають традиційні сорти лише при розміщенні на сильно заселених буряковою нематодою ділянках понад 3000 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту [487, 544]. Однак у виробничих умовах вирощування буряків цукрових за такої високої чисельності є недоцільним.

Значно більших успіхів було досягнуто в селекції зі створення стійких сортів злакових і пасльонових культур в таких країнах як

Голландія, Данія, Англія, Швеція, Німеччина, Австралія та ін. [483, 484, 541, 563, 564, 611]. Зокрема, створено стійкі сорти ячменю: Drest, Krop, Fero, Alfa, №14, №191, пшениці – Lores, Aus10894, Katyil, Portugal 131 [331, 343].

Проведена оцінка зернових колосових в минулі роки також дала змогу виділити ряд сортів закордонної і вітчизняної селекції, стійких проти місцевих популяцій вівсяної нематоди. Це високо імунні сорти пшениці: Red River, Adler, Lores, Харківська, 51, середньостійкі: Таловська, Чорноземна; сорти ячменю - Proktor, Pendo, Amles, № 14, № 191, Kron, Brost; овес Алжирський місцевий, №11527 та ін. Стійкі сорти зернових знижували заселеність ґрунту вівсяною нематодою впродовж вегетації на 60-65%, а за два роки – понад 85% [57, 173, 331]. При цьому деякі сортозразки пшениці озимої: 1276-82, 1231-82, 1185-81 та амфідіплоїд Ag 206 забезпечували очищення ґрунту від фітопаразита в межах 94,7-98,5% [168, 247].

Нематодостійкі сорти картоплі практично є основним і часто єдиним заходом контролю золотистої картопляної нематоди у приватному секторі, де на даний час розміщено понад 97% пасльонових культур. За умови вирощування картоплі у монокультурі, такі сорти забезпечують не тільки отримання високого урожаю, але і істотне зниження рівня заселеності ґрунту від глободери [83, 96, 105, 107, 187, 221, 223, 250, 344, 345, 476, 525]. Тому, ознака високої нематодостійкості нових сортів і гібридів є однією із обов'язкових в сучасній селекції [70, 123, 152, 194, 218, 222, 224, 228, 312, 365, 526].

Для оцінки сортів картоплі з різним ступенем нематодостійкості рекомендовано класифікувати їх на “стійкі і толерантні” і “стійкі, але відносно толерантні”. На основі проведених досліджень, такі сорти картоплі як Обрій, Седнівська рання, Чернігівська рання, Пекуровська, Водограй віднесено до першої групи, а сорти Дзвін і Добровичин - до групи стійких і відносно толерантних [105, 189].

На даний час світовий сортимент включає понад 100 нематодостійких сортів картоплі [72, 103, 130, 205, 311, 359]. До Державного реєстру України нині внесено такі ранні сорти: Аграрна, Дніпрянка, Загадка, Кіммерія, Ластівка, Мелодія, Молодіжна, Повінь, Селянська, Слобожанка; середньоранні: Водограй, Забава, Зелений гай, Левада, Обрій, Свалявська, Фантазія; середньостиглі: Гірська, Лілея, Легенда, Мандрівниця, Слов'янка; середньопізні: Случ, Ужгородська [229].

В Росії найбільш поширені сорти: Гранат, Єлизавета, Латона, Лізетта, Ніда, Пригожий-2, Пушкінець, Сантана, Санте, Сатурна. Особливістю нематодостійких сортів є те, що більшість з них є ранніми чи середньоранніми [68, 74, 262, 311].

За оптимальних умов вирощування, нематодостійкі сорти картоплі забезпечували зниження чисельності золотистої нематоди в Україні на 82-99%, Білорусії – 77-78%, Росії – 83,2-98%, Польщі – 80-99%, Німеччині – 76-98%, Голландії – 83-97%, Англії – 94-98% [189, 233, 344, 450, 469, 554, 555, 603].

Разом з тим за тривалого вирощування нематодостійких сортів існує ризик формування резистентних популяцій. Також, в ряді випадків незначне зниження щільності популяції золотистої картопляної нематоди спостерігалось на важких ґрунтах, в посушливі періоди вегетації, за низької культури землеробства тощо [266, 548, 587, 619].

1.6.5 Природні антагоністи

Теоретичне обґрунтування, розробка заходів спрямованого підсилення регуляторних механізмів грибів-нематофагів та інших біологічних антагоністів фітопаразитичних нематод є одним із перспективних напрямів досліджень. Однак, належної уваги біологічному методу контролю чисельності фітопаразитичних нематод в Україні в останні роки не приділялося. Методологічна складність проведення

досліджень та діагностування мікроскопічних організмів, порушення трофічних зв'язків в агрофітоценозах, нестабільність, а часто і низька ефективність природних антагоністів тощо є основними причинами недостатньої уваги до розв'язання цих актуальних проблем прикладної нематології.

Природними антагоністами нематод є гриби, віруси, рикетсії, бактерії, хижі види нематод і кліщів. Також вмістом цист живляться деякі види колембол, сколопендри, енхитреїди, амеби, личинки стафілінід, багатоніжок [97, 98, 124, 396, 402, 462, 467, 507, 539, 598].

Видовий склад грибів, які здатні уражувати цистоутворюючих нематод, включає представників майже всіх класів. Переважна більшість (понад 150 видів) нематофагових грибів знищують виключно рухомих інвазійних личинок після їх виплодження із цист [212, 246, 275, 305].

Залучення в кругообіг традиційних органічних добрив, сидератів та побічної продукції рослинництва зумовлюють масове накопичення популяцій сапробіотичних нематод, які в свою чергу, стимулюють розмноження хижих видів нематод та провокують утворення ловчих кілець грибами. Останні, за значної чисельності нематод, переходять від сапробіотичного до паразитичного способу живлення, зокрема такий типовий представник агроценозів як *Arthrobotrys oligospora* [246]. Таким чином, замикається трофічний ланцюг кругообігу та живлення представників різного еволюційного рівня від бактерій і грибів до нематод сапробіонтів, мікогельмінтів, фітопаразитів та їх природних антагоністів. При цьому останні можуть бути на вищому трофічному, але на нижчому еволюційному рівні і навпаки. Припускають, що ловильні кільця здатні виділяти токсичні речовини, які спочатку згубно діють на нематод, а вже потім гриби проникають в тіло жертви [124].

Мікофаги не відрізнялися високим рівнем спеціалізації щодо ураження певних видів нематод, однак серед їх жертв часто зустрічалися червоподібні фітопаразитичні нематоди, а також личинки другого віку

цистоутворюючих нематод. Після проникнення в корені рослин-живителів, ендопаразитичний спосіб життя личинкових фаз захищає їх від несприятливих як абіотичних, так і біотичних факторів. Уразливість окремих фаз розвитку знову підвищується в період масового з'явлення седентарних білих самиць з м'якими покривами на поверхні коренів. Однак, після відкладання яєць і перетворення відмерлих самиць в цисти, зовнішня оболонка стає стійкою і витривалою до різних негативних чинників. Відмічено, що у багаторічній віковій структурі популяції, цисти які перезимували декілька років, були більш схильні до уражень мікологічними організмами, порівняно з новоутвореними [5, 8].

Значно менше природних антагоністів уражує нерухомі фази розвитку нематод: яйця, самиць та вміст цист [403, 431, 508, 560]. Серед них зустрічаються як облігантні паразити: *Nemathophthora gynophila* і *Catenaria auxiliaries*, так і факультативні – *Cylindrocarpon destructans* і *Verticilium chlamydosporium*. За даними Є.І.Кондакової із 400 виділених ізолятів грибів 30% становили штами виду *Cylindrocarpon radicola* [124].

В природних умовах патологічний процес протікає з різною інтенсивністю, здебільшого в оптимальні для розвитку мікологічних організмів вологі періоди, а обмежувальним чинником слід вважати тривалі посухи. Зокрема, активна дія гриба *Nemathophthora gynophila* проявлялася особливо на сильно зволжених ґрунтах, оскільки він уражує нематод у формі зооспор. Тоді, як гриб *Verticilium chlamydosporium* невибагливий до умов зволоження, тому поширений у багатьох біотопах [403, 508].

Так, у вегетаційному досліді інтенсивність ураженості цист бурякової нематоди була в 1,2-1,4 рази вищою за 70% режиму зволоження ґрунту від повної вологості, порівняно з 40% рівнем вологості. При цьому, в польових умовах спостерігалася тенденція до вищого ступеня ураженості цист мікологічними організмами в низинних більш зволжених ділянках

угідь порівняно з пагорбами, незалежно від видового складу цистоутворюючих нематод.

Вважаємо, що першочергово збагачення ґрунту післязбиральними рештками, в т.ч і кореневої системи багаторічних бобових трав позитивно впливало на активацію мікобіоти та інших природних антагоністів нематод. Це вказує на доцільність насичення сівозмін багаторічними бобовими травами, площі посіву яких останніми роками зазнали різкого скорочення [7, 8].

За певних умов гриби, а також інші паразити здатні суттєво контролювати чисельність цистоутворюючих нематод. Так, згідно досліджень вітчизняних вчених ураженість цист бурякової нематоди в деяких випадках сягала понад 60% [235, 236, 251].

В останні роки певних успіхів було досягнуто при застосуванні біопрепарату “Роял-350”, створеного на основі гриба *A. irregularis*, однак переважно в закритому ґрунті, де можливо підтримувати оптимальну вологість, кислотність, вміст солей і органічної речовини [468].

Отже, незважаючи на численні відомості про значення природних антагоністів у регуляції популяцій цистоутворюючих нематод, їх практичне використання залишається поки що проблематичним. На нашу думку, крім пошуку нових видів нематофагів, перспективним напрямом досліджень є розробка способів активізації існуючих штамів грибів, інших природних антагоністів уже адаптованих до певних агробіоценозів. За створення сприятливих умов для їх розмноження і життєдіяльності, вони можуть бути однією із складових інтегрованої системи захисту рослин. Зрозуміло, що в нинішніх умовах біологічний метод не може бути домінуючим, а лише доповнюючим до низки інших протинематодних заходів.

1.6.6 Нематоциди

У різні роки проти цистоутворюючих нематод застосовували фуміганти широкого спектру дії, які крім нематоцидної здатні проявляти, фунгіцидну, інсектицидну, гербіцидну, інколи бактерицидну дію (метилбромід, хлорпікрин, карбатіон, тіазон) і вузьку нематицидну (ДД), а також гранульовані і порошковидні системні препарати (Фурадан, Відат, Темік, Каунтер, Гетерофос та ін.) [85, 129, 148, 237, 244, 297, 429, 444, 595, 618].

Ефективність нематоцидів залежить від багатьох факторів, зокрема від складу і структури ґрунту, температури і вологості, фізичних властивостей препаратів, технології їх застосування [54, 93, 226, 337, 366, 509, 567].

Так, водорозчинні оксімокарбамати краще діють при понижених температурах як у важких, так і в багатих органікою ґрунтах, але малоефективні через вилуговування на легких ґрунтах. Ефективність ФОС гранулятів знижувалась із збільшенням вмісту органічної речовини в групі, однак менше залежала від лужності середовища. Разом з тим, незважаючи на деякі застереження, потенційне використання цієї групи нематицидів є досить широким [92, 148, 439, 488, 491].

На ряд обмежуючих чинників вказують також при застосуванні фумігантів. Зокрема, піщані ґрунти з їх крупними порами легкопроникні для газів, однак через пересихання, вони не здатні утримувати токсиканти, що може призвести до зниження ефективності препаратів. У важких глинистих ґрунтах з дрібними порами дифузія газів і детоксикація залишків діючих речовин відбувається набагато повільніше, особливо після випадання рясних опадів [212].

Оптимальною для фумігації вважають температуру ґрунту в інтервалі від 10 до 25⁰С і вологість у межах 40-60% від повної польової вологоємності (ППВ). При більш високих температурах діюча речовина швидко вивітрюється, при низьких – дифузія здійснюється повільно і нерівномірно. Через високу фітотоксичність, фумігацію ґрунту

рекомендують проводити восени, в окремих випадках весною не раніше ніж за 30 днів до висівання культур [89, 201, 212].

Проте, незважаючи на складність внесення, високу вартість обробок, негативну дію на сукупність корисних ґрунтових організмів і потенційну ймовірність забруднення навколишнього середовища, фуміганти здатні суттєво знижувати чисельність потомства нематод, навіть в цистах, тоді як інші препаративні форми нематоцидів впливають переважно на міграційну здатність інвазійних личинок [207, 257, 600].

Так, застосування вітчизняного препарату ДД, 50% т.р. в нормах витрати 750-1000 л/га забезпечувало зниження чисельності бурякової бурякової нематоди в межах 76,6-92,3% [4], люцернової нематоди (2000 л/га) відповідно 87,7% [89]. Отже, за умови реєстрації, використання фумігантів потенційно допустимо на невеликих ділянках, зокрема для ліквідації осередків карантинних організмів [244].

Проте нині, найбільш технологічним способом застосування пестицидів з мінімальними витратами діючих речовин і найменшим хімічним навантаженням на довкілля є протруєння насіннєвого матеріалу [39, 69, 206].

Передпосівна обробка захисно-стимулюючими речовинами знижувала рівень інвазованості сходів буряків цукрових личинками бурякової нематоди впродовж двох тижнів. Більш тривалий період захисту рослин (до 50-55 днів) досягався за умови поєднання обробки насіння з припосівним внесенням гранульованих препаратів [4].

Однак, враховуючи, що використання, навіть високотоксичних препаратів, має обмежений період ефективної дії, контролювання популяцій цистоутворюючих нематод на економічно-невідчутному рівні можливо лише за умови оптимальної інтеграції різних протинематодних заходів, в тому числі і хімічного методу.

Розв'язанню проблем сучасного захисту рослин, підвищенню якості і безпечності продукції сільськогосподарських культур сприятиме

створення біопрепаратів комплексної пролонгованої дії нового покоління, які поєднують властивості біоіндукторів, біостимуляторів, біофунгіцидів, нематодіцидів, інсектицидів, антистресантів та адаптогенів [59, 60].

1.6.7 Перспективні методи контролю гетеродерід

В захисті рослин від фітопатогенів сучасна наука все частіше звертається до природних механізмів стійкості, які дають змогу рослинам виживати в природних умовах при негативному впливі багатьох стрес-факторів абіогенної і біогенної природи, в тому числі і нематод [24, 112, 174, 470, 472, 477, 478, 517, 608].

Механізми захисту рослин від паразитів можуть бути як специфічними, так і неспецифічними, або за визначенням Ван дер Планка (1972), вертикальними чи горизонтальними. Вертикальними є патосистеми хазяїна і патогена, обумовлені присутністю в обо партнерів певних генів і кодуємих ними специфічних метаболітів, взаємодія яких спричиняє переважно індуковану імунну відповідь тільки в певних генотипів рослин. Взаємовідносини партнерів в горизонтальних патосистемах визначаються в основному конституційними механізмами стійкості рослин. Встановлено, що у відповідних реакціях рослин на інвазію беруть участь три категорії генів: індукуючі захист рослин, пов'язані з виникненням стресу і ті, що беруть участь в забезпеченні живлення, в тому числі утворення синцитію [276, 372, 409, 412, 414, 415, 422, 425, 459, 496, 505, 518, 523, 558].

Дослідження молекулярних механізмів взаємовідносин нематод і рослин зумовили розвиток ряду перспективних напрямків і методів захисту від фітопаразитичних нематод. Зокрема, це використання природних сполук, присутніх в тканинах рослин, які забезпечують захист від несприятливих умов (антиципіни, адаптогени); індукування стійкості за допомогою біогенних елісаторів і сигнальних молекул; конструювання трансгенних, стійких до нематод рослин, з перенесенням в останні генів з

антипатогенню дією [112, 174, 293, 417, 446, 453, 480, 520, 550].

Біогенні еліситори на відміну від абіогенних ефективні в мінімальних концентраціях. Обробка ними рослин не викликає фітотоксичності і накопичення стресових сполук. Під впливом еліситорів відбувається фенотипічна імунокорекція рослин, в результаті якої змінюється не геном рослинної тканини, а його функціонування [172].

Складний ланцюг сигналів в імунній рослині зумовлює швидку локальну загибель рослинних клітин в місцях проникнення нематод. В результаті, разом з клітинами гине і фітопаразит. Така реакція клітин отримала назву надчутливості. Вона виникає в перші дні після інвазії рослин нематодами, супроводжується накопиченням перекису, патогеніндукованих білків (P11-білків), фітоалексинів, ряду речовин вторинного обміну рослин, а також збільшенням активності ряду ферментів: пероксидази, поліфенолоксидази, ліпоксигенази та деяких інших [319, 346, 360, 620].

До фітоантиципінів, з якими пов'язують стійкість рослин до нематод, відносять феноли, терпеноїди, глікозиди і деякі інші речовини спеціалізованого обміну рослин. Серед фенольних сполук, найбільшої уваги приділено саліциловій кислоті, у зв'язку з її позитивним значенням в формуванні імунітету до патогенних бактерій грибів, вірусів, а також нематод [112, 174].

Певний науковий інтерес представляють також речовини рослинного походження, котрі не володіють нематотоксичними властивостями, але виконують в рослинах роль адаптогенів [88].

Фітоалексини – це речовини з сильно вираженими антибіотичними властивостями, відсутніми в здоровій рослинній тканині, але які виникають при контактуванні з паразитом чи його метаболітами. Нині лише у представників чотирьох родин: бобові, мальвові, пасльонові і бананові було виявлено фітоалексини у відповідь на інвазію фітонематодами.

Стійкість рослин до нематод може також визначатися наявністю вільних амінокислот, особливо незамінних, таких як лізин, лейцин, метіонін, фенілаланін, гистидін, триптофан [174, 424].

Однією із важливих захисних реакцій рослин при патогенезі є утворення в них патогеніндукованих білків – PR-білків (pathogenesis-related) [283, 325, 397, 407, 510].

Створення трансгенних рослин, із включенням білків-інгібіторів рослинних протеїназ, є також одним із способів підвищення стійкості рослин до фітопатогенів, в тому числі і нематод. Однак, зважаючи на тривалу спільну еволюцію рослин і їх патогенів, культивування на великих площах трансгенних рослин може призвести до порушення загальної рівноваги і зумовити формування нових рас (патотипів) фітопатогенів [112, 174].

Джерелом різноманітних за хімічною будовою і спектром дії біологічно активних речовин є також міцеліальні ґрунтові актинобактерії, зокрема, представники роду *Streptomyces*, яким властиві антибіотичні, антипаразитарні, рістстимулювальні та інші властивості [61, 62, 66, 433]. Препарати на основі біологічно активних метаболітів стрептоміцетів відзначаються низкою переваг, зокрема, вибірковістю дії і високою активністю до фітопатогенів за низьких концентрацій, що дає змогу уникнути їх надлишкового накопичення у сільськогосподарській продукції. Порівняно з хімічними препаратами вони інтенсивніше проникають і метаболізуються в тканинах рослин через листову поверхню, стебла і корені, характеризуються меншою токсичністю, швидко розкладаються, не забруднюють довкілля [60, 62, 67].

Універсальність новітніх екологічно безпечних метаболічних біопрепаратів базується на синергічній дії усіх їх складових, що проявляється у взаємодії кожного елементу завдяки об'єднанню їх в єдину систему та підсиленню активності в цілому. Застосування новітніх метаболічних біопрепаратів дозволяє найбільш повною мірою реалізувати

потенціальні можливості рослини, закладені в геномі природою та селекцією, регулювати терміни дозрівання, поліпшувати якість урожаю і збільшувати продуктивність основних сільськогосподарських культур [61, 62, 65, 67, 426, 536].

Зазначені інноваційні метаболічні біопрепарати призначені для сучасних передових технологій вирощування екологічно безпечної продукції, їх застосовують для передпосівної обробки насіння, розсади, вегетуючих рослин, садивного матеріалу та санації ґрунту. Вони проявляють комбіновану біологічну активність, зумовлену як прямою дією на збудників хвороб різної етіології, так і опосередковано за рахунок фіторегуляторної активності або шляхом підвищення стійкості рослин до фітопатогенів, фітонематод, шкідників та несприятливих факторів довкілля [59, 66, 284, 427, 519].

Тому, дослідження спектру антагоністичної активності представників роду *Streptomyces*, вивчення їхнього біосинтетичного потенціалу та створення на їх основі екологічно безпечних поліфункціональних метаболічних біопрепаратів (біопестицидів) є нині досить актуальним питанням.

Висновки: На основі аналізу літературних джерел можна зробити наступні висновки, що першочергово карантинні, організаційно-господарські і агротехнічні заходи мають бути складовими інтегрованої системи екологічно-безпечного контролю чисельності цистоутворюючих нематод. Перспективним напрямом досліджень також є розробка сучасного моніторингу гетеродерід з елементами дистанційного виявлення осередкованого ураження рослин, що сприятиме істотному скороченню часу на проведення традиційного моніторингу; оптимізація існуючих схем сівозмін чи окремих ланок без порушення наукових основ чергування культур з врахуванням їх економічної доцільності та високої протинематодної ефективності; використання сидератів і побічної продукції як одного із резервів надходження органічної речовини та

активації природних-антагоністів, адаптованих до певних агроценозів; впровадження імунних сортів, особливо за умови вирощування картоплі в монокультурі; створення і використання екологічно-безпечних метаболічних біопрепаратів для захисту початкових найбільш уразливих фаз росту і розвитку рослин.

РОЗДІЛ 2

МІСЦЕ, УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Характеристика регіонів дослідження

Основні дослідження за темою даної дисертаційної роботи проведені в 1990-2020 р.р. у Вінницькій, Київській, Чернігівській, Сумській, Полтавській, Волинській, Чернівецькій та інших областях.

Лабораторні дослідження виконані на базі кафедр фітопатології та інтегрованого захисту і карантину рослин Національного університету біоресурсів і природокористування України; лабораторно-вегетаційні – в Інституті мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАНУ, Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Київському насіннєвому заводу; польові і виробничі Уладово-Люлинецькій дослідно-селекційній станції, Українській науково-дослідній станції карантину рослин ІЗР НААН України, господарствах різних форм власності.

Зона Полісся розташована в північній частині України і включає Волинську, Рівненську, Житомирську та Чернігівську області, а також частково Львівську, деякі північні райони Київської, Сумської та Хмельницької областей. В зоні Полісся виділяють західну, східну та центральну частину. Загальна площа сільськогосподарських угідь понад 6 млн. гектарів. Площа ріллі за різними оцінками від 3,6 до 4,5 млн. гектарів. Основними культурами рослинницької галузі є зернові, картопля, зернобобові, хміль, однорічні та багаторічні трави, а також овочеві культури.

Ґрунтовий покрив здебільшого представлений дерново-підзолистими ґрунтами. Зустрічаються також малогумусні чорноземи, дерново-глеєві і болотні ґрунти та місцями сірі лісові ґрунти.

Вегетаційний період з температурою повітря понад 5⁰С триває 195-238 днів, 10⁰С - 157-186 днів, вище 15⁰С – 90-130 днів. Середня багаторічна сума активних температур понад 10⁰С становить 2470-2610⁰С. У теплу

пору року випадає 400-500 мм опадів. При цьому більша їх частина припадає на першу половину вегетації культур. ГТК за теплий період в основних районах зони Полісся становить 1,4-1,5, а в Передкарпатті навіть 1,8-1,9, що свідчить про високу вологозабезпеченість сільсько-господарських культур (табл. 2.1).

Наші дослідження проведено на типових для зони Полісся дерново-підзолистих ґрунтах. В ТОВ „Залісці” Рожищенського району Волинської області орний шар ґрунту характеризувався такими агрохімічними показниками: вміст гумусу за методом Тюріна – 0,94-1,42%; гідролітична кислотність за методом Каппена – 21-22 мг екв/кг ґрунту; pH_{KCl} – 4,9-5,3; сума увібраних основ за методом Каппена-Гільковіца – 24,3-26,8 мг-екв/кг ґрунту; ступінь насиченості основами – 64%; вміст рухомих сполук фосфору за Мачигінім - 112-127 (підвищена забезпеченість) та обмінного калію за методом Кірсанова (ГОСТ 26207-91) - 49-72 (низька і середня забезпеченість) мг/кг ґрунту.

В ПОП ім. Войкова Чернігівського району Чернігівської області серед основних ґрунтових відмін також переважають дерново-підзолисті, частково поширені сірі і світло сірі та темно-сірі опідзолені ґрунти. Природний рівень родючості ґрунтів є низьким: вміст гумусу за методом Тюріна 1,14-1,63; кислотність водної та сольової витяжок 5,4-5,9 і 4,6-5,1 відповідно; легко гідролізованого азоту за Корнфільдом 43-78 мг/кг ґрунту; вміст рухомих сполук фосфору за Мачигінім – 37-61; обмінного калію за методом Кірсанова – 24-72.

До зони Лісостепу відносять Черкаську, Полтавську, Вінницьку, Тернопільську, більшу частину Хмельницької й Сумської, східні райони Львівської, Івано-Франківської й Чернівецької, південні райони Волинської, Рівненської, Житомирської, Київської, Чернігівської, північні райони Кіровоградської, Одеської, Миколаївської та Харківської областей. Загальна площа сільськогосподарських угідь - 14,5 млн. га, з них ріллі – 11,7 млн. га.

Перехід до середніх плюсових температур відбувається у західних районах у першій на початку другої декади, в центральних – у кінці другої, східних – третій декаді березня. Тепла пора року триває в межах 230-265 днів.

Період активної вегетації рослин, загальною тривалістю від 155 до 170 днів, розпочинається в третій декаді квітня і закінчується в першій декаді жовтня. Середні багаторічні суми активних температур у західній частині Лісостепу становлять 2300-2500, центральній 2500-2700 і східній 2600-2900⁰С. Таким чином, тепла вистачає для вирощування більшості польових і овочевих культур.

Опади розподілені нерівномірно. Середньобагаторічна їх кількість змінюється від 450-500 мм в південно-східній частині до 550 мм у центральній і 600-650 мм в західній частині.

Таблиця 2.1 Агromетeоролoгiчна характеристика умов вегетаційного сезону основних районів досліджень (середні багаторічні дані) [58, 101].

Зона	Провінція	Сума опадів за рік, мм	У тому числі за вегетаційний період, мм	Запаси води в шарі 0-100 см навесні, мм	Сума температур за період активної вегетації, мм	Гідро-термічний коефіцієнт
Полісся	західна	545-624	391-460	130-140	2500-2600	1,2-1,5
Лісостеп	західна	519-678	387-483	170-190	2500-2750	1,2-1,5
Лісостеп	правобережна	460-549	338-400	150-180	2500-2850	1,0-1,3
Лісостеп	лівобережна	481-564	322-377	160-180	2450-2900	0,8-1,1
Степ	північна	407-508	271-332	130-150	2850-3200	0,75-0,90

ГТК становить від 0,9 в межуючих зі степовою зоною районах до 1,8 з передгір'ям Карпат. За вегетаційний період випадає в середньому 350-400 мм.

Найпоширенішими ґрунтами в зоні є чорноземи та сірі опідзолені. Перші домінують в лівобережній частині зони, а сірі лісові ґрунти – в правобережній. Ґрунти інших типів (солонцюваті, болотні і підзолисті) займають незначні площі.

Ґрунти Бахмацького району представлені чорноземами потужними середньо суглинистими пілуватато-крупнопилуватими на лесі, а також опідзоленими піщано-пилуватими ґрунтами та солончаково-карбонатними пілуватого механічного складу. За наявністю і розміщенням вуглекислот Ca і Mg – слабо вилужені. Вміст гумусу складає від 3,3-3,9%. Тобто, дані ґрунти належать до малогумусних. Вміст рухомих форм P_2O_5 від 13 до 22,5 мг/100г, а K_2O - 11-12 мг/100 г сухого ґрунту. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної 6,8-7,1. Також представлені ґрунти дерново-опідзолені поверхнево-оглеєні, крупнопилувато-легкосуглинисті. Орний шар містить 2,6-2,8% гумусу, азоту 10,1-15,0, рухомого калію (за Кирсановим) 81-120 мг, фосфору (за Кирсановим) 26-50 мг/кг ґрунту, рН сольове 5,1-5,5, сума вбирних основ 18,6 мг-екв. на 100 г ґрунту.

В Уладово-Люлинецькій дослідній станції домінують типові вилугувані малогумусні чорноземи середньосуглинкові на лесі з вмістом гумусу в орному шарі в межах 3,9-4,4%; гідролітична кислотність за методом Каппена – 21-32 мг екв/кг ґрунту; рН KCl – 5,8-7,1; сума увібраних основ за методом Каппена-Гільковіца – 21-28 мг-екв/кг ґрунту; ступінь насиченості основами – 86-94%; вміст рухомих сполук фосфору за Мачигінім – 116-173 та обмінного калію за методом Кирсанова - 89-168 мг/кг ґрунту.

В Чернівецькій області домінуючими були сірі лісові та темно-сірі опідзолені ґрунти з вмістом гумусу 2,4-2,7 %, рухомих сполук фосфору

(за Кирсановим) 167-226 та обмінного калію (за Кирсановим) 72-147 мг/кг ґрунту. ГТК за вегетаційний період в межах 1,3-1,5.

Більша частина Полтавської області розташована в Зоні Лісостепу, а південно-східна частина знаходиться в зоні Степу. Клімат помірно-континентальний з нестійким зволоженням, жарким і часто сухим літом, особливо в останні десятиріччя. У межах області виділяють три агрокліматичні райони : північний, центральний, південний. Вегетаційний період у першому районі становить 195-200, другому 200-205, третьому 205-210 днів. Середні багаторічні показники суми опадів знаходяться в межах 459-555 мм, переважна їх кількість випадає впродовж квітня-жовтня [86].

Важливим фактором ґрунтоутворення є материнські породи. Леси є основною ґрунтоутворюючою породою, ними вкрита майже вся територія області. Лесовидні суглинки поширені переважно на річкових терасах. За морфологічними і мінералогічними ознаками вони незначно відрізняються від типових лесів. В цілому ґрунтовий покрив відрізняється строкатістю. Чорноземи опідзолені найбільш поширені на Полтавщині. Виділяють ґрунтові відміни від супіщаних до важкосуглинкових. Для Полтавського району с. Степне елементами рельєфу є плато, а породи за механічним складом – важко-суглинкові.

Гумусу в верхньому шарі міститься від 1, 9 у супіщаних до 4% у важкосуглинкових. Чорноземи опідзолені характеризуються значним збідненням їх на карбонати кальцію і магнію: рН в межах 5,7-6,1; гідролітична кислотність 2,6-3,3 мг/екв на 100 г ґрунту; сума ввібраних основ 20,5-26,4 мг/екв і ступінь насичення основами 87,5-93,7%. Вміст гідролізованого азоту становить від 4,2 до 8,4 мг на 100 г ґрунту, кількість рухомих форм калію 8,2-13,7 мг, фосфору 10, 2 мг на 100 г ґрунту [86].

Чорноземи глибокі мало- і середньо-гумусні є основним ґрунтовим покривом Полтавської області. На заході області переважають легко-суглинкові, в центральній частині – середньосуглинкові, а південно-

східній – важкосуглинкові ґрунти. Гумусовий горизонт чорноземів глибоких становить 45-50 см. Забезпеченість поживними речовинами: середньо і добре азотом (гідролізованого азоту 6-7,4 мг), помірно і добре фосфором (9-15 мг), недостатньо калієм (7-15 мг на 100 г ґрунту).

Чорноземи звичайні займають південно-східну частину області. За вмістом гумусу відносяться до малогумусних (4,6-4,8% у суглинкових) і середньо-гумусних (5,8-5,9 % у важкосуглинкових). Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної рН в межах 6,3-7,0. За забезпеченістю рухомими поживними речовинами поділяють на середньогумусні (азоту 5,8 мг, фосфору 10,6, калію 17, 5 мг на 100 г ґрунту); малогумусні (азоту 3,3 мг, фосфору 7,8, калію 7,2 мг на 100 г ґрунту) [86].

М'яка зима, помірно вологе і тепле літо та родючі ґрунти Лісостепу забезпечують сприятливіші, порівняно з зоною Полісся, умови для одержання високих і сталих врожаїв майже всіх сільськогосподарських культур. Проте останнім часом лімітуючим чинником були посушливі метеумови не лише в Степу, але і в інших агрокліматичних зонах, що зумовлювало необхідність проведення польових робіт в стислі терміни з метою ефективного використання зимово-весняних запасів вологи.

Вегетаційні періоди років досліджень відзначалися такими особливостями:

- 1991 р. характеризувався строкатістю метеоумов в окремі періоди. Разом з тим, сума опадів і ефективних температур за вегетаційний період була наближеною до норми;

- 1992 р. вирізнявся відносно теплою і вологою погодою у першій половині вегетації і посушливою – у другій. Кількість опадів була меншою від норми, а сума температур перевищувала середні багаторічні показники;

- 1993 р. був відносно прохолодним і вологим, опади в півтора рази перевищували середньобагаторічні показники, а сума ефективних температур була дещо меншою від норми;

– 1994 р. характеризувався раннім настанням весняних процесів. Температура в травні і червні наближалася до середньо-багаторічної, а з середини літа і на початку осені перевищувала на 1,0-3,2 °С. Розподіл опадів був нерівномірним, зокрема посушливими були остання декада червня, середина літа та перші дві декади вересня;

– 1995 р. був дуже вологий і прохолодний у травні. Температурні показники червня дещо перевищували, а липень-вересень були наближеними до середньо-багаторічних. Опади були розподілені нерівномірно, зокрема надмірно зволоженою була остання декада червня, початок серпня та вересень;

– в 1996 р. температурні показники першої половини травня перевищували середньо-багаторічні на 4,2-6,3 °С, а надалі температура була наближеною до багаторічної або дещо її перевищувала. Посушливими були кінець травня-початок червня, друга і третя декади липня та серпня, а початок осені вирізнявся тривалою дощовою та прохолодною погодою;

– 1997 р. характеризувався помірними, наближеними до багаторічних показників температурами повітря майже впродовж всього вегетаційного періоду, за виключенням дещо тепліших першої та другої декад травня. Опади випадали протягом всієї вегетації, проте в окремі періоди їх кількість була надмірною, а початок серпня був посушливим;

– у 2001 р. середня температура повітря на початку вегетаційного періоду перевищувала багаторічні показники на 2,6 °С. Травень і червень були прохолодними і вологими зі значними коливаннями температури. В липні і серпні, за мінімальної кількості опадів, температура була вищою за норму на 1,7-2,3°С;

– погодні умови 2002 р. значно відхилялися від середньо-багаторічних, а вегетаційний період здебільшого був посушливим. Середньодобова температура повітря перевищувала багаторічні показники

на 0,3-1,1⁰С. Спекотними були особливо червень-липень, а в серпні і вересні спостерігалось нерівномірне випадіння опадів;

– весна 2003 р. була дещо холоднішою на початку вегетаційного сезону, а травень спекотним з надмірним випадінням опадів. Температура повітря у літні місяці наближалися до норми з посушливою першою половиною літа і вологим серпнем. Осінь переважно була теплою.

– середньодобові температури другої декади травня, червня і першої половини липня 2004 р. не досягали багаторічних показників. У наступний період прохолодні періоди чергувалися з жаркою погодою і надмірним зволоженням. Метеумови осінніх місяців істотно не відрізнялися від багаторічних;

– вегетаційний сезон 2005 р. в цілому був посушливим, жарка суха погода змінювалась короткочасними невеликими дощами. Це сприяло помірному розвитку більшості культурних рослин та опосередковано впливало на ступінь розмноження фітопаразитичних нематод;

– в першій половині травня 2006 р. переважала тепла погода. Початок червня характеризувався тривалим похолоданням і зниженням температури нижче середньо-багаторічних показників за високої вологозабезпеченості вегетаційного періоду. Друга половина червня, липень і серпень були досить жаркими з нерівномірним випадінням опадів;

– погодні умови травня і червня 2007 р. були наближеними до багаторічних, що сприяло накопиченню в ґрунті запасів вологи. Липень був помірно теплим і вологим, а серпень вирізнявся високими температурами повітря і недостатньою кількістю опадів;

– травень 2008 р. був вологим з незначними коливаннями температурного режиму, а червень переважно посушливим. Початок липня був наближеним до багаторічних показників, а друга і третя декади липня, серпень та початок вересня були жаркими і посушливими. У наступний період спостерігалася прохолодна погода із періодичним випадінням опадів;

– весна 2009 р. характеризувалася жаркою посушливою погодою квітня та помірними метеумовами травня і червня; посушливими були також липень-серпень та осінні місяці;

– 2010 р. вирізнявся підвищеним температурним режимом майже впродовж всього вегетаційного періоду; опади випадали обмежено та нерівномірно, в основному в кінці червня та другій половині серпня. Такі спекотні посушливі умови негативно позначилися на продуктивності більшості сільськогосподарських культур;

– квітень і травень 2011 р. були переважно посушливими; червень видався теплим і вологим, а липень спекотним з нерівномірним випадінням інтенсивних опадів. Температура повітря, особливо в травні і перші два літні місяці перевищувала середньо багаторічну на 2,1-2,7 °С. Посушливими і теплими були також осінні місяці;

– 2012 р. характеризувався жаркою посушливою погодою травня і червня з нерівномірним випадінням опадів. Посушливими були також друга половина літа та осінні місяці;

– погодні умови 2013 р. на початку вегетаційного періоду були наближеними до багаторічних, зі значними коливаннями умов зволоження. Липень і серпень вирізнялися помірним температурним режимом, а вересень був прохолодним з надмірним випадінням опадів;

– весняні місяці 2014 р. характеризувалися коливанням температурного режиму. Влітку помірні періоди чергувалися з жаркими. Опади також випадали нерівномірно;

– початок 2015 р. за кліматичними умовами був наближеним до багаторічних показників. Друга половина травня, червень вирізнялися різкими коливаннями температур та тривалою відсутністю опадів в літні місяці. Осінь в цілому була теплою, посушливою, з нерівномірним випадінням опадів, особливо в другій половині;

- травень 2016 року був теплим і помірно вологим, липень жарким з нерівномірним розподілом опадів. Температурні показники вирізнялися строкатістю, проте були близькі до середньобаторічних;
- весна і літо 2017 року характеризувалися підвищеним температурним режимом. Дощові періоди чергувалися з тривалою відсутністю опадів. Переважно теплими були також осінні місяці;
- початок весни 2018 року був прохолодним. Проте вже в кінці квітня, травні температурні показники перевищували середньобаторічні. Червень і липень були наближеними до норми, а серпень був спекотним. Найменше опадів було в останній місяць літа та на початку осені;
- температурні показники квітня 2019 року дещо перевищували середньобаторічні. В травні була мінлива погода, переважно тепла, опадів випало менше норми. Червень і перша половина липня дуже спекотні. В серпні температура перевищувала баторічні показники. Теплою і мінливою була також погода на початку осені;
- в квітні 2020 року температура була наближеною до середньобаторічної. Травень вирізнявся нестійкою дощовою погодою з температурними показниками на 1,2-2,8 °C нижчими за норму. В червні і вересні була дуже спекотна погода. Липень і серпень характеризувалися коливаннями температури з перевищенням середніх баторічних показників. Опади різної інтенсивності впродовж вегетаційного періоду випадали нерівномірно (Український гідрометеорологічний центр; АПК Інформ).

Отже, кліматичні умови за роки досліджень характеризувалися значною строкатістю, особливо в останнє десятиріччя. Спостерігалася тенденція до підвищення температурного режиму та зниження рівня зволоження ґрунту порівняно з середньо-баторічними показниками. Разом з тим, незважаючи на значні коливання метеорологічних умов, розвиток рослин та онтогенез цистоутворюючих нематод у всі роки був задовільним.

2.2 Матеріали та методи досліджень

В роботі матеріалами досліджень були зернові колосові (пшениця, ячмінь, овес, жито, тритикале), картопля, люцерна, конюшина, еспарцет, кукурудза, соняшник, горох, соя, олійні капустяні культури (ріпак, редька, гірчиця), інші сільськогосподарські і овочеві культури, рослини природних фітоценозів і сегетальної рослинності, бульби, коренеплоди, корені рослин, ґрунт, цисти, яйця, личинки і дорослі особини: бурякової *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871; вівсяної *Heterodera avenae* (Wollenweber, 1924) Krall et Krall, 1978; золотистої картопляної *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923), Behrens, 1975; конюшинної *Heterodera trifolii* Goffart 1932; люцернової *Heterodera medicaginis* Kirjanova, 1971; хмельової *Heterodera humuli* Filipjev, 1934; ячмінної *Heterodera hordecalis*, Anderson, 1974; пшеничної *Heterodera filipjevi* (Madzhidov, 1981), Stelter, 1984; капустяної *Heterodera cruciferae* Franklin, 1945; струмкової *Heterodera ripae* Subbotin, Sturhan, Waeyenberge, Moens, 1997; жабрієвої *Heterodera galeopsidis* Goffart, 1936; злакової цистоутворюючої нематоди *Punctodera punctata* (Thorne, 1928) Mulvey, Stone, 1976.

Фітонематологічний моніторинг проводили за стандартними, вдосконаленими та за розробленими методиками з використанням телекомунікаційних технологій (патент на корисну модель № 139711) [113, 119, 138, 162, 184].

Відібрані зразки ґрунту 300-500 см³ ретельно перемішували, висушували до повітряно-сухого стану на повітрі і просіювали через сито з отворами 3-5 мм. Ступінь заселеності угідь встановлювали за кількістю яєць і личинок, виділених із середніх наважок 100 см³ ґрунту. Для цього досліджуваний зразок висипали та промивали на комплекті із двох сит: верхнього з діаметром отворів 2-3 мм і нижнього - 0,20-0,25 мм. Осад з нижнього сита змивали за допомогою гумової груші в лійку з попередньо вкладеним паперовим фільтром. Після повного стікання води, конусний

фільтр обережно виймали, розгортали та під біноклем продивлялися на наявність цист. Виділені цисти препарувальною голкою переносили на предметне скельце в краплю води та розподіляли на заповнені яйцями і личинками, уражені грибами, порожні. Заселеність кожного зразку встановлювали після підрахунку сумарної чисельності яєць і личинок. Життєздатність потомства визначали за допомогою барвників: 0,05%-й розчину малахітової зелені, флоксина Б, слабого розчину KMnO_4 та візуально під мікроскопом за формою тіла і станом внутрішніх органів личинок [113, 119, 138, 162, 184].

Ендопаразитичні фази розвитку в рослинній тканині виявляли за методом Гудею, 1937. Відмиті від ґрунту корені поміщали в нагрітий до 80°C розчин лактофенолу з кислим фуксином (0,1%) і залишали на 1-2 хвилини чи до 30 хвилин в розчині, що охолонув. Після обполіскування у воді корені переносили в лактофенол без барвника. Для наступного перегляду під біноклем їх клали в часові скельця з чистим гліцерином. При використанні 0,5-1% розчину кислого фуксину нематоди набували світло-червоного забарвлення. З метою уточнення фаз розвитку ендопаразитичних личинок проводили розщеплення коренів у воді в чашках Петрі.

Для приготування гліцерин-желатину до 7 г подрібненого желатину додавали 42 мл дистильованої води і залишали набухати протягом декількох годин. Потім доливали 50 г гліцерину. Після нагрівання на водяній бані до повного розчинення желатину, добавляли 1 г карболової кислоти. За необхідності суміш фільтрували через скляну вату [119].

При виготовленні тимчасових препаратів, зафіксованих нематод переносили на предметне скельце в краплю суміші, яка містила одну частину гліцерину та 9 частин дистильованої води. З країв краплини суміші розміщували волокна скляної вати та накривали покривним скельцем. Для виготовлення постійних препаратів зафіксованих нематод поміщали на 20 хв. у дистильовану воду, а потім у краплю суміші з 25

складових частин гліцерину та 75 дистильованої води на декілька днів до повного випаровування води або спирту [119].

Для виготовлення анально-вульварних пластинок у цист в краплі води, гліцерину чи лактофенолу (1 г карболової кислоти фенолу, 1 г – (0,30 мл) – молочної кислоти, 2 г – (1,587 мл) - гліцерину та 1 мл дистильованої води) відсікали задній кінець тіла на якому знаходилася вульва та анус. Далі зрізи анально-вульварних конусів поміщали в краплину підігрітого на водяній бані гліцерин-желатинового розчину, нанесеного на предметне скельце. З країв краплину оточували волокнами скляної вати, накривали покривним скельцем і злегка підігрівали над полум'ям спиртівки для її рівномірного розподілу [119].

Дослідження структури анально-вульварної самиць проводили при великому збільшенні під мікроскопом, а також з використанням імерсійної системи. При визначенні видів цистоутворюючих нематод крім традиційних морфометричних ознак, використовували також такі кількісні (мірні) і якісні показники: форма і середні розміри цист у межах популяції; особливості будови та розміщення головного та вульварного конусів; характер пунктирування кутикули; наявність чи відсутність буллі, їх форму, розміри, розміщення; будова вульварного містка, довжина вульварної щілини, наявність чи відсутність нижнього містка, а в період онтогенезу – формування та стійкість субкристалінового шару; наявність яйцевих мішків та здатність до відкладання в них яєць; особливості проходження хромогенезу самицями; партеногенез; трофічна спеціалізація видів [23].

Для визначення видової належності картопляних цистоутворюючих нематод апробовано біохімічний метод – ізоелектрофокусування білків у пластинах поліакриламідного гелю (С-3 %, Т-5 %) з амфолітом в інтервалі рН 3.0-10.0 з деякими модифікаціями[41]. В основі методу – принцип розділення білків ізоелектричними точками у градієнті рН. Цисти КН для біохімічних досліджень замочували в дистильованій воді на 48 годин,

після чого розтирали в мікрогомогенізаторі з 40 мл води та залишали на 20 годин у морозильній камері. Після відтавання екстракт цист – 25 мл поміщали в лунки аплікатора. Ізоелектрофокусування білків проб проводили на приладі АГГЕ-3 фірми «Хайу Калур» на охолоджуючому столику за напруги 600 вольт упродовж 2 годин і силі струму 15 міліампер. Білкові спектри нематод виявляли після відмивки гелю від амфолітів, з одночасною їхньою фіксацією розчином трихлороцтової кислоти, етанолу, води в співвідношенні 10 : 25 : 65. Після ізоелектричного фокусування білків гель інкубували впродовж 1 години за 37 °С у 0,1 М фосфатному буфері з 0,025 % α – нафтилацетатом. Фарбування білкових спектрів і їхню відмивку від надлишку фарби (0,0С 5 % розчин кумасі синій R-250) проводили відповідно розчином оцтової кислоти, етанолу і води (10 : 25 : 65). Фарбування естеразних зон здійснювали 0,1 % водним розчином міцного синього РР упродовж години. Фіксацію ізоферментного спектру естераз проводили розчином оцтової кислоти, етанолу і води (10 : 25 : 65).

Просторовий розподіл цистоутворюючих нематод в загальному масиві сільськогосподарських угідь оцінювали згідно індексів Морісіта.

$$J\sigma = \frac{n \cdot (\sum x^2 - \sum x)}{(\sum x)^2 - \sum (x)}$$

де n – кількість відібраних зразків в яких визначали заселеність цистоутворюючими нематодами;

x – щільність нематод (1, 2, n).

Оцінку ефективності лабораторно-вегетаційного біотестування ґрунту здійснювали за вдосконаленим способом (патент на корисну модель № 124126), а виробничого – за розробленою методикою (патент на корисну модель № 125070).

Відібрані збірні зразки ґрунту ретельно перемішували і заповнювали ними пластикові прозорі ємкості об'ємом 1000 см³ з

попередньо вкладеними прозорими вставками. Насіння основних сільськогосподарських культур висівали у зволожений ґрунт. Після появи сходів дно пластикової склянки вирізали по внутрішньому краю конусоподібної (пірамідальної) вставки. Це давало змогу здійснювати постійне спостереження за онтогенезом цистоутворюючих нематод не тільки на зовнішніх, а також і на внутрішніх стінках ємкості. Обліки чисельності здійснювали у період масового з'явлення самиць, через 10 днів після первинного їх виявлення на коренях рослин-живителів. З цією метою біотестовані рослини надмірно зволожували і обережно разом з ґрунтом виймали з ємкостей. Підрахунок самиць спочатку здійснювали на коренях зовнішніх і внутрішніх стінок досліджуваного зразку. Потім грудку ґрунту поступово руйнували і аналізували на наявність самиць всю кореневу систему. Сумарну заселеність дослідних рослин-живителів визначали підрахунком усіх виявлених самиць на кореневій системі [176].

Оцінку ефективності виробничого біотестування ґрунту здійснювали за власне розробленою методикою (розділ 3.5) [178]. Для визначення середнього рівня інвазованості потенційних рослин-живителів, біотестування в польових умовах здійснювали в такій послідовності. На першому етапі відбирали первинні виїмки ґрунту човниково-шаховим методом. Враховуючи значну масу відібраних зразків, ґрунт ретельно змішували. Для визначення середнього рівня інвазованості потенційних рослин-живителів, відбирали по 4 проби (повторності) від кожного збірного зразку ґрунту. При проведенні наукових досліджень дослідні заклали у восьми-десятикратній повторності.

На наступному етапі із металевих (краще оцинкованих) сіток з вічками 2-3 мм виготовляли однакові за об'ємом розбірні пристрої, які обгортували фільтрувальним папером, поміщали в попередньо викопані ями, заповнювали відібраними зразками ґрунту, висівали насіння і рясно зволожували. Вільний простір навколо лізіметрів заповнювали ґрунтом і ущільнювали.

Поверхневий шар ґрунту до появи сходів періодично розпушували для запобігання утворення кірки. Сходи бур'янів систематично знищували ручним прополюванням. Підживлення рослин та інші технологічні операції догляду за рослинами здійснювали відповідно до зональних рекомендацій.

Комплексний аналіз біотестованого ґрунту проводили в період масового з'явлення самиць на коренях. Біотестовані рослини обережно викопували. З метою виявлення самиць обстежували кореневу систему, попередньо звільнивши її від розбірного сітчастого пристрою та часток ґрунту. Середню заселеність кожного біотестованого зразку визначали за формулою:

$$З\ c = \frac{\sum n}{N}$$

де $З\ c$ – середня чисельність самиць, екз./зразок,

n – кількість самиць, екз./рослину, N – кількість облікових рослин.

Ступінь заселеності рослин-живителів оцінювали згідно з сучасними, зокрема і розробленими дев'ятибальними шкалами (розд. 3.2) [16, 263].

Механізми активації виплодження та трофорецепції личинок цистоутворюючих нематод досліджували за допомогою розробленого пристрою (патент на корисну модель № 125069) [177].

Виготовлена камера мала хрестоподібну форму з чотирма розбірними ідентичними за об'ємом секціями. Камеру заповнювали простерилізованим ґрунтом, типовим для регіону досліджень. У центральну частину камери поміщали одну цисту із життєздатними яйцями і личинками. Вологість ґрунту підтримували у межах 60-70 % від повної вологості за оптимальної температури 18-20 °С. Витяжки коренів рослин-живителів вносили в ґрунт на відстані 2,5; 5; 10; 20 см від цист у двох протилежних секціях камер. В інших двох для достовірності досліду і підтримання оптимальної вологості ґрунту вносили аналогічний

об'єм води. Додатково також вивчали стимулюючий вплив корневих виділень на ступінь виплодження личинок за різної вологості ґрунту.

Тривалість розвитку і кількість генерацій основних видів цистоутворюючих нематод встановлювали у польових умовах за традиційної технології вирощування сільськогосподарських культур.

Розподіл цист за вертикальним профілем встановлювали пошаровим відбором і аналізом ґрунтових зразків через кожні 10 см до 1,0 м.

Аналіз зразків бульбо- та коренеплідної продукції на заселеність цистами нематод проводили розробленим переносним цистовиділювачем (патент на винахід № 62534) [175].

Первинну оцінку ефективності мікробіологічних препаратів на визначений об'єм ґрунту за різної вихідної щільності цистоутворюючих нематод здійснювали відповідно до розробленого способу (патент на корисну модель № 125073) [180].

Агротехніка вирощування сільськогосподарських культур була загальноприйнятою для зони досліджень. Урожай бульб картоплі, колосових культур, зеленої маси та насіння багаторічних бобових трав збирали суцільним методом з усієї площі облікових ділянок [150].

Ефективність очищення ґрунту при вирощуванні несприйнятливих до розмноження культур визначали за різницею вихідної і післязбиральної чисельності цистоутворюючих нематод за формулою Еббота (1925):

$$E = \frac{100 (A-B)}{A}$$

де E - ефективність очищення, %;

A - вихідна чисельність, яєць і личинок / 100 см³ ґрунту;

B - післязбиральна чисельність, яєць і личинок / 100 см³ ґрунту;

Досліди з мікробіологічними препаратами проводили у відповідності з рекомендаціями по їх випробуванню [150].

Технічну ефективність мікробіологічних препаратів, з урахуванням поправки на зміну чисельності цистоутворюючих нематод в контролі, розраховували за формулою:

$$Te = \frac{100 (Ab - Ba)}{Aa},$$

де Te – технічна ефективність з поправкою на контроль, %;

A – чисельність у дослідному варіанті до обробки, яєць і личинок в 100 см³ ґрунту, екз./ рослину;

B – чисельність у дослідному варіанті після обробки, яєць і личинок в 100 см³ ґрунту;

a – чисельність у контролі при першому обліку, яєць і личинок в 100 см³ ґрунту, екз./ рослину;

b – чисельність у контролі в наступних обліках, яєць і личинок в 100 см³ ґрунту, екз./ рослину [150].

Вплив фітопаразитичних нематод на ріст, розвиток рослин, продуктивність і структурні показники врожаю основних культур досліджували у польових умовах на постійних і тимчасових дослідних ділянках. Повторність лабораторно-вегетаційних дослідів – 8–20-кратна, дрібно-ділянкових польових – 4–50-кратна, польових стаціонарних та тимчасових – 4-кратна, виробничих – 3–4-кратна.

Математичні, графічні та комп'ютерні моделі розробляли відповідно до рекомендованих положень методології захисту рослин. Статистичну обробку одержаних експериментальних даних проводили за допомогою комп'ютерних програм Microsoft Office Excel, 2007, Statgrafics та Statistica 5.0.

РОЗДІЛ 3

ОСНОВИ СУЧАСНОГО НЕМАТОЛОГІЧОГО МОНІТОРИНГУ

Картограми поширеності цистоутворюючих нематод з детальним нанесенням просторового розподілу осередків, їх площі і рівня заселеності ґрунту є основою для планування, науково-обґрунтованого вибору і локально – диференційованого застосування різних протинематодних заходів залежно від їх економічної окупності і екологічної доцільності.

3.1 Дистанційний моніторинг гетеродерозів рослин

Тривале вирощування рослин-живителів в монокультурі чи з мінімальними одно-дворічними перервами в короткоротаційних сівозмінах сприяє накопиченню високої чисельності фітопаразитичних нематод та призводить до загибелі сильно уражених рослин і утворенню від дрібних до великих за площею, візуально помітних „плішин”, які можуть сполучатися в суцільні без різких переходів. В центрі таких осередків спостерігається дуже висока зрідженість чи навіть повна відсутність рослин, а в міру віддалення – сильне пригнічення та часткове їх випадіння (рис. 3.1).

Візуально осередки нематодозів здебільшого мають видовжену форму у напрямку переважного проведення технологічних операцій з механічного обробітку ґрунту. Тоді як осередки пригнічених чи загиблих рослин, внаслідок механічного знищення рослин при проведенні міжрядних обробітків ґрунту, фітонцидної дії хімічних препаратів тощо відрізнялися більш чіткими контурами прямокутної форми, переважно на ширину захвату механізованих пристроїв [8].

Сучасні телекомунікаційні технології уможливають за короткий термін діагностувати величезні масиви, відслідковувати та виявляти локальні неоднорідності рослинного покриву. Однак, для розробки і

реалізації принципово нових методичних положень проведення аеровізуального діагностування фітоценозів необхідно встановлення чітких критеріїв його достовірності, вибіркості і географічної відповідності.

Методологія новітнього моніторингу передбачає розробку цифрових карт полів з поділом їх на дрібні з координатною прив'язкою ділянки, завчасне планування маршрутів обстеження, достовірне визначення меж поширеності осередків, їх площі та рівня заселеності ґрунту цистоутворюючими нематодами.

Багаторічне існування осередків цистоутворюючих нематод у визначених просторових межах, завдяки високій виживаємості потомства на стадії цисти (понад 10 років) є головною перевагою розробки таких картограм і їх практичного використання [8].

Найбільш близьким за технологічною сутністю є спосіб аеровізуального моніторингу глободерозу картоплі мало авіаційними керованими літальними апаратами з метою виявлення осередків золотистої картопляної нематоди та проведення карантинних заходів [99].

Проте, недоліком мало авіаційного моніторингу агроценозів була складність встановлення меж поширеності осередків при дешифруванні фотознімків, отриманих за великої швидкості і висоти польоту літальних апаратів, а також висока собівартість проведення нематологічного моніторингу в цілому.

Тому, метою нашої роботи була розробка економічно-доступного і разом з тим ефективного способу дистанційного діагностування осередкованого ураження рослин гетеродерідами.

Встановлено, що найдоцільніше для цієї мети було використання сучасних беспілотних апаратів (БПЛА), які пролітаючи за заздалегідь (за заданим) спланованим в геоінформаційній системі (ГІС) маршрутом човниковим методом на висоті 50 м виконували цифрову зйомку місцевості [184]. В якості ГІС можуть використовуватися

загальнодоступні сервіси Google maps. Результатом зйомки є знімки високої роздільної здатності на запрограмованих точках по GPS координатам. Для кожного знімка маємо повний набір цифрової інформації – географічні координати центральної точки знімка, висота зйомки, кут експонування, а також набір телеметричних даних для перенесення і використання в загальноприйнятих ГІС системах. Таким чином всі фотографії є геоприв'язаними і їх можна зшити в один великий ортофотоплан.

При виявленні локальних неоднорідностей посівів проводили повторне обстеження по встановленим координатам з висоти 2-10 м з метою отримання детальних знімків високої роздільної здатності осередкованого ураження рослин.

Оптимальними календарними строками проведення аеровізуального моніторингу основних сільськогосподарських культур на заселеність цистоутворюючими нематодами є остання декада червня, перша та друга декади липня.

Виявлення за допомогою телекомунікаційних технологій локально поширених неоднорідностей рослинного покриву давало змогу суттєво обмежити площу обстеження проблемних фітоценозів традиційними методами (табл. 3.1). Діагностування на коренях уражених рослин білих самиць було підтвердженням інвазованості угідь саме цистоутворюючими нематодами.

Досить великі переваги надавало використання БПЛА при здійсненні карантинних обстежень присадибних наділів, оскільки це суттєво скорочувало час на інформаційно-просвітницькі заходи з індивідуальними землевласниками. За таких умов, першочерговому уточненню фітосанітарного стану підлягали домогосподарства з аеровізуально діагностованим ураженням картоплі глободерозом, а в разі його підтвердження традиційними методами, суміжні та інші ділянки населеного пункту.

Таблиця 3.1

Уніфікована шкала дистанційно-візуального оцінювання ступеня ураженості рослин-живителів та потенційних втрат урожаю від цистоутворюючих нематод

Бал	Ступінь ураження	Візуальні ознаки ураженості рослин-живителів	Уражено від загальної площі, %	Очікувані втрати врожаю, %	Тривалість перерви, років
1	Відсутній чи ледь помітний	Незначний хлороз окремих чи мікроосередками уражених рослин, здебільшого в крайових смугах угідь	<10	<5	1
2-3	Слабкий	Рослинний покрив локально неоднорідний, рослини відсталі у рості і розвитку, хлорозні, спорадично зустрічаються поживклі	11-25	6-10	2-3
4-5	Середній	Рослинний покрив дуже строкатий. Поширені невеликі та середні за розмірами осередки із прив'ялим, побурілим і засохлим листям, локальною загибеллю рослин	26-50	11-30	3-4
6-7	Сильний	Сильна пригніченість рослин та осередкова загибель посівів. Локально поширені добре помітні „пліщини”	51-75	31-50	5-6
8-9	Дуже сильний	Дуже значна зрідженість посівів. Великі за площею „пліщини”, часто сполучені в суцільні	>75	>50	6-8

За неможливості оперативного маршрутного обстеження всіх проблемних угідь у період вегетації рослин-живителів, їх фітосанітарний стан уточнювали після збирання урожаю шляхом відбору і флотаційного аналізу ґрунтових зразків. Аналіз фотографічних зображень давав змогу оптимізувати схему маршрутного обстеження та локально відібрати первинні виїмки ґрунту, першочергово з ділянок найбільшого

пригнічення рослин. Це суттєво скорочувало час, фізичні та матеріальні витрати на проведення даної трудомісткої операції. В разі виявлення у відібраних рослинних чи в ґрунтових зразках навіть поодиноких, відповідно самиць або цист, проводили детальне обстеження (картування) таких угідь.

Занесення результатів обстеження в базу пам'яті GPS забезпечувало відтворення в польових умовах маршруту, просторового розподілу виявлених осередків, а в подальшому – відстежування, уточнення, а за необхідності і корегування меж їх поширеності.

Встановлення особливостей просторового розподілу осередків цистоутворюючих нематод на кожному полі давало змогу локально і диференційовано застосовувати засоби захисту в чітко визначених межах їх поширення [5, 27].

Отже застосування БПЛА, порівняно з мало авіаційними керованими літальними апаратами, забезпечує достовірніше встановлення особливостей просторового розподілу осередків цистоутворюючих нематод по площі за багаторазового скорочення матеріальних витрат на його проведення.

Дистанційно-візуальний моніторинг фітоценозів на ураженість гетеродерозами найдоцільніше здійснювати в останню декаду червня, першу та другу декаду липня на малих висотах від 2 до 50 м і швидкості 0-20 км/год за визначеним маршрутом польоту. За необхідності отримання детальних знімків виявлених осередків їх повторно обстежували по встановленим координатам, а ступінь ураження рослин визначали за розробленими 9-ти бальними шкалами [184].

3.2 Вдосконалення маршрутно-візуального обстеження осередкованого ураження рослин гетеродерозами

Виявлення за допомогою БПЛА локально поширених неоднорідностей рослинного покриву суттєво обмежувало площу обстеження угідь традиційним маршрутним методом.

Аналіз кореневої системи пригнічених рослин-живителів на заселеність самицями (третя декада червня – збирання урожаю) давав змогу підтвердити чи спростувати попередню інформацію щодо інвазованості угідь цистоутворюючими нематодами. Надалі, з метою уточнення особливостей просторового розподілу осередків та бальної оцінки ступеня ураженості рослин-живителів, проводили детально-візуальне обстеження (картування) гетеродерозних посівів. Враховуючи, відсутність сучасних балових шкал для діагностування гетеродерозів багаторічних бобових, метою наших досліджень передбачалося їх створення (для буряків цукрових, зернових колосових, картоплі такі шкали розроблялися).

При їх розробці було використано такі критерії: ступінь ураження рослин-живителів залежно від рівня інвазованості коренів самицями гетеродерід (табл. 3.2). У ряді попередніх досліджень, основним показником ступеня ураженості посівів гетеродерозами було лише оцінювання візуального стану вегетуючих рослин. Однак, за дуже низької вихідної заселеності, а також в прохолодну вологу погоду, діагностування лише за цим критерієм не забезпечувало належної достовірності результатів нематологічного обстеження [15, 16, 29].

Експериментально доказано, що для окомірного візуального обстеження фітоценозів ширина маршрутних смуг (загінок) не повинна перевищувати 50 м. За густої рослинності, зокрема обстеженні багаторічних бобових трав, доцільним було зменшення ширини облікових

смуг до 25 м. В разі виявлення осередкованого ураження рослин, такі ділянки підлягали детальнішому обстеженню. Це давало змогу уточнити особливості просторового розподілу осередків, їх загальну площу та рівень заселеності рослин-живителів самицями нематод.

Таблиця 3.2

**Шкала оцінювання ступеня ураженості багаторічних бобових трав
цистоутворюючими нематодами**

Бал	Ступінь ураження	Самиць / рослину	Ознаки ураженості рослин	Допустима перерва між повторним вирощуванням культур, років
<i>Конюшина</i>				
1	Відсутній чи дуже слабкий	1-5	Візуально не проявляються	1
2-3	Слабкий	6-25	Незначний хлороз листків нижнього ярусу	2-3
4-5	Середній	26-50	Відставання у рості, дрібні листки, хлороз середнього і пожовтіння листя нижнього ярусів	3-4
6-7	Сильний	51-75	Низькорослі рослини з тонкими пагонами, часткове засихання листя, мичкуватість коренів локальне поширення „длішин”	4-5
8-9	Дуже сильний	> 75	Некрози коренів. Побуріння і засихання уражених рослин. Великі осередки зі зрідженим травостоєм	5-6

Люцерна

1	Відсутній чи дуже слабкий	1-5	Візуально не проявляються	1
2-3	Слабкий	6-25	Незначний хлороз переважно листіків нижнього ярусу	2-3
4-5	Середній	26-50	Відставання у рості, дещо дрібніші листки, хлороз і пожовтіння листя здебільшого нижніх ярусів	3-4
6-7	Сильний	51-75	Значне пригнічення росту і розвитку, слабке цвітіння, часткове побуріння та засихання стебел і листя. Локальне поширення „пліщин”	4-5
8-9	Дуже сильний	> 75	Некрози і відмирання вторинних коренів. Великі осередки зі зрідженим травостоєм, пожовклими і передчасно засохлими рослинами	5-6

Тривалість необхідної перерви для зниження заселеності ґрунту до економічно-невідчутного рівня залежала від ступеня ураженості рослин гетеродерозами. Зокрема за слабого ступеня ураження посівів, переважно було достатньо 1-2 річного вирощування несприйнятливих для розмноження культур, середнього 3-4 роки, а сильного і дуже сильного від 4-5 до 6-7 років.

Для встановлення рівня шкідливості досліджуваних популяцій цистоутворюючих нематод, рекомендовано на зараженому полі у період збирання врожаю картоплі, буряків цукрових, ріпаку, зернових виділяти 10 площадок по 10 м², на яких обліковують урожайність (зерна, насіння, коренеплодів, бадилля), цукристість і рівень зараженості ґрунту нематодами. Розрахунки проводять шляхом застосування кореляційного та регресійного аналізів, при яких знайдені показники чисельності порівнюють із втратами біомаси рослин і урожаю [229].

Однак, проведена нами апробація і виробнича перевірка засвідчила доцільність вдосконалення запропонованої схеми діагностування нематологічних уражень, особливо за дрібноосередкованого їх просторового поширення. Для встановлення порогових показників шкідливості вважаємо також недостатнім використання лише регламентованих за розмірами (10 м²) облікових майданчиків, оскільки на початкових етапах заселення угідь цистоутворюючими нематодами, осередки можуть бути навіть менше 1 м², а за багаторічного – простягатися на декілька соток без різких переходів. Тому, залежно від особливостей просторового розподілу осередків і їх площі, розміри облікових майданчиків мають бути також диференційовані (табл. 3.3).

Тривале існування осередків у визначених просторових межах і повільний перебіг патологічного процесу є головними перевагами діагностування гетеродерозів рослин порівняно з активно мігруючими видами фітофагів чи поширенням мікологічних хвороб, здатних до епіфітотій.

Таблиця 3.3

Рекомендовані розміри облікових майданчиків залежно від площі осередків цистоутворюючих нематод

№ п/п	Типи осередків	Площа заселення, м ²	Розміри облікових майданчиків, м
1	Дрібні	до 5	2х2,5
2	Невеликі	6-25	2х5; 5х5
3	Середні	26-50	5х10
4	Великі	51-100	10х10
5	Дуже великі	>100	10х15(20); 15х20; 20х25; 32х32; 50х50

При проведенні обстежень великих масивів, першочергово слід зосередити увагу на крайові смуги у зв'язку з високою ймовірністю

занесення цист нематод саме із суміжних угідь. Контрольний обмір типових для даного фітоценозу осередків у чотирикратній повторності уможлилював визначення їх середніх розмірів, а підрахунок кількості аналогічних для кожної групи – сумарну площу ураження [8].

Відсоток уражених рослин і середній бал ураження розраховували за загальноприйнятими формулами (3.2, 3.3), адаптованими для нематологічних досліджень [150].

$$P = \frac{100 \cdot n}{N}, \quad (3.2)$$

де P – ураженість рослин, %;

n – кількість уражених рослин в обліку, шт.;

N – загальна кількість облікових рослин, шт.

$$B = \frac{\sum n \cdot b}{N}, \quad (3.3)$$

де B – середній бал ураження;

$\sum n \cdot b$ – сума добутків кількості уражених рослин на відповідний бал ураження;

N – загальна кількість обстежених рослин, шт.

Ураженість рослин, % визначали за формулою 3.4:

$$U_p = \frac{100 \cdot (Mn)}{P}, \quad (3.4)$$

де U_p – ураженість рослин, %;

M – середня площа осередків, м²;

n – кількість осередків, шт.;

P – площа облікової ділянки, м².

Поширеність у відсотках від загальної площі облікових майданчиків встановлювали за формулою 1, де P – поширеність осередків, %, n – сумарна площа осередків, m^2 , N – загальна площа облікових майданчиків.

Осередковану ураженість рослин на всіх облікових майданчиках розраховували за вдосконаленою формулою 3.5:

$$U_3 = \frac{[(M_1n_1)+(M_2n_2)+(M_3n_3)] \cdot 100}{(P_1N_1)+(P_2N_2)+(P_3N_3)} \quad (3.5)$$

де U_3 – ураженість (загальна) рослин, %;

$M_{1,2,3}$ – середня площа типових осередків, m^2 ;

$n_{1,2,3}$ – кількість осередків;

$P_{1,2,3}$ – площа облікових майданчиків, m^2 ;

$N_{1,2,3}$ – кількість майданчиків, шт.

Отже, для достовірного встановлення особливостей просторового розподілу осередків по площі, візуальне обстеження фітоценозів слід проводити човниковим методом з інтервалом між маршрутними смугами в 50 метрів. При густій рослинності облікові смуги доцільно зменшувати до 25 м;

– за багаторічного існування осередків нематодозів у визначених просторових межах і повільного перебігу патологічного процесу розміри облікових майданчиків мають бути диференційовані, залежно від площі типових осередків;

– вищу достовірність прогнозу потенційних втрат забезпечує облік урожаю з аналогічних за площею осередків чи однаковим балом ураження рослин порівняно із перерахунком середнього балу ураження на сумарну площу заселеності угідь.

3.4 Нематологічне картування осередків

Встановлено, що загальноприйняте маршрутне обстеження за двома діагоналями забезпечує вищу ймовірність виявлення осередків нематод в середині поля (зумовлену зведенням і пересіченням маршрутів) і менш достовірну – зараженості крайових смуг. Оскільки осередки цистоутворюючих нематод, особливо на початкових етапах заселення здебільшого зустрічалися в крайових смугах, для підвищення достовірності діагонального обстеження, необхідно додатково відбирати і аналізувати рослинні зразки зі всіх чотирьох сторін поля (метод конверту).

Залежно від мети, видового складу нематод, сільськогосподарської культури рекомендована площа ділянок для польових досліджень становить 1-10 м² і 0,5-1 га для виробничих. Проте, відсутність чітких рекомендацій щодо кількості відбору первинних виїмок, залежно від розмірів ділянки, ускладнює можливість порівняння експериментальних даних, отриманих різними дослідниками, а недостовірне визначення рівня вихідної заселеності ґрунту може призвести до прийняття помилкових рішень і низької ефективності протинематодних заходів. Тому, вдосконалення і оптимізація методів нематологічного обстеження угідь залишається одним з актуальних завдань прикладної нематології.

Нами у модельних дослідах проведено оцінку ефективності визначення рівня заселеності ґрунту цистоутворюючими нематодами при відборі регламентованої кількості первинних виїмок ґрунту за двома діагоналями, методом конверту і човниковим (рис.3.1).

Згідно першої схеми з ділянок площею 1 м² відбирали 9 первинних виїмок, другої – 14 виїмок і третьої – 20 виїмок. Виділення цист засвідчило, що за низької вихідної чисельності вівсяної нематоди у межах 116±28 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту, ймовірність виявлення при відборі зразків за двома діагоналями склала 22,4%, методом конверту – 31,9%, човниково-шаховим методом – 38,7%; середньої – 481±64 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту – 51,6%, 65,3%, 73,2%; високої вихідної заселеності 1387±92 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту – 73,8%, 84,3%, 89,1% відповідно (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

**Ефективність виявлення вівсяної нематоди залежно від схеми відбору
зразків ґрунту (ТЗОВ „Залісці” Рожищенського району
Волинської обл., 2001-2003 рр.)**

Метод відбирання зразків	Чисельність за різної вихідної заселеності, яєць + личинок / 100 см ³ ґрунту					
	низька, 116 ± 28		середня, 481±64		висока, 1387± 92	
	екз.		екз.		екз.	
	екз.	%	екз.	%	екз.	%
Діагональний	26	22,4	248	51,6	1023	73,8
Конверту	37	31,9	314	65,3	1169	84,3
Човниково-шаховий	49	38,7	352	73,2	1238	89,1

Ймовірність виявлення золотистої картопляної нематоди за низької вихідної чисельності у межах 128±46 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту при відборі виїмок за двома діагоналями становила 16,2%, методом конверту – 25,1%, човниково-шаховим методом – 29,8%; середньої заселеності 1074±127 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту – 63,9%, 72,4%, 86,2%; високої вихідної заселеності 5143 ±178 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту – 82,3%, 89,8%, 97,4% відповідно (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Ефективність виявлення золотистої картопляної нематоди залежно від схеми відбору зразків ґрунту (сmt. М-Коцюбинське Чернігівського р-ну Чернігівської обл., 2004-2008 рр.)

Метод відбирання зразків	Чисельність за різної вихідної заселеності, яєць + личинок / 100 см ³ ґрунту					
	низька, 128±46 екз.		середня, 1074±127 екз.		висока, 5143 ±178 екз.	
	екз.	%	екз.	%	екз.	%
Діагональний	21	16,2	686	63,9	4232	82,3
Конверту	32	25,1	778	72,4	4619	89,8
Човниково-шаховий	38	29,8	927	86,2	5012	97,4

Таким чином, проведені нами дослідження дозволяють зробити такі висновки: ймовірність виявлення цистоутворюючих нематод залежить від рівня вихідної заселеності ґрунту та схеми відбору первинних виїмок. За дуже низької вихідної чисельності доцільно з 1 м² площі відбирати човниково-шаховим методом 20 первинних виїмок, а цисти виділяти не із рекомендованої середньої проби 100 см³ ґрунту, а зі всього об'єму збірного зразку.

Відбір виїмок ґрунту за методом конверту збільшує ймовірність виявлення осередків цистоутворюючих нематод, порівняно з діагональною схемою відбору зразків. За значної заселеності, понад 1000 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту, достатньо високу ефективність забезпечували всі апробовані схеми нематологічного діагностування, проте як і в попередніх варіантах, вона була найвищою за човниково-шахового методу [8].

Таким чином, порівняльна оцінка різних способів детального маршрутного обстеження засвідчила переваги човниково-шахового методу, першочергово завдяки рівномірному охопленню всієї площі.

Рекомендований багатьма методичними вказівками діагональний спосіб відбору нематологічних зразків був найменш достовірним, особливо за низької вихідної заселеності ґрунту цистоутворюючими нематодами.

При визначенні оптимальної кількості відбору зразків з більших за площею ділянок, зіткнулися з такими протиріччями: за значної відстані між відібраними первинними виїмками зменшується ймовірність виявлення осередків з дуже низькою заселеністю (100-200 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту), а при детальнішому їх відборі – суттєво збільшуються сумарні витрати на обстеження, а також маса об'єднаної проби, що впливає на репрезентативність отриманих результатів (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

**Нематологічне діагностування дослідних ділянок на заселеність
цистоутворюючими нематодами**

Розміри ділянок, м	Площа, м ²	Рекомендована кількість первинних виїмок, шт.	Відбір первинних виїмок за схемою, см
1x1 (1,25x0,80)	1	20	25x20
1x2,5	2,5	24	25x40
2x2,5	5	30	40x40
4x2,5	10	48	40x50

У зв'язку з цим виникла необхідність досягнення оптимуму між кількістю відбору первинних виїмок, їх загальною масою і достовірністю визначення рівня заселеності ґрунту.

На основі проведених багаторічних досліджень встановлено оптимальну кількість первинних виїмок з одиниці площі для наукових досліджень: 1м² – 20; 2-2,5 м² – 24; 5 м² – 30 і 10 м² – 48 штук. З ділянок площею 1 м² (1*1) первинні виїмки слід відбирати човниково-шаховим методом за схемою 25x20 см; 2,5 м² (1*2,5) – 25x40 см; 5 м² (2*2,5) – 40x40 см і 10 м² (2,5*4) – 40x50 см [7].

Висновки: ймовірність виявлення осередків цистоутворюючих нематод залежить від рівня вихідної заселеності ґрунту та схеми відбору первинних виїмок;

- порівняльна оцінка різних схем маршрутного обстеження засвідчила переваги човниково-шахового методу, першочергово завдяки рівномірному охопленні всієї площі.

- при детальному обстеженні мікроосередків оптимальна кількість первинних виїмок ґрунту складає з 1 м^2 – 20; $2\text{--}2,5\text{ м}^2$ – 24; 5 м^2 – 30 і 10 м^2 – 48 штук;

- з ділянок площею 1 м^2 ($1*1$) первинні виїмки слід відбирати човниково-шаховим методом за схемою $25*20\text{ см}$; $2,5\text{ м}^2$ ($1*2,5$) – $25*40\text{ см}$; 5 м^2 ($2*2,5$) – $40*40\text{ см}$ і 10 м^2 ($2,5*4$) – $40*50\text{ см}$.

3.5 Біотестування ґрунту в лабораторних і польових умовах

Для встановлення потенційної заселеності ґрунту цистоутворюючими нематодами, найдоступнішим методом є біотестування.

Завдяки простому, а головне доступному технологічному обладнанню і разом з тим високій ефективності виявлення, навіть дуже низьких вихідних чисельностей цистоутворюючих нематод, біотест має стати домінуючим методом діагностування ґрунту, особливо у виробничих умовах.

Відсутність спільних рослин-живителів для розвитку бурякової, вівсяної, золотистої картопляної, конюшинної та люцернової нематод, дає змогу успішно застосовувати метод біотестування як для визначення їх видового складу, так і заселеності ґрунту. Кормовими рослинами для бурякової нематоди переважно є сільськогосподарські культури родини лободових та капустяних; вівсяної – злакових, золотистої картопляної –

пасльонових, конюшини – конюшина лучна та біла, люцернової – люцерна посівна.

Враховуючи генетично запрограмовану циклічність виходу личинок із цист та їх онтогенез відповідно до органогенезу рослин-живителів, біотестування у лабораторних чи польових умовах здійснювали в календарні строки, рекомендовані для вирощування типових для певної зони культур.

Проведені нами багаторічні дослідження дали змогу встановити як недоліки, так і переваги рекомендованих способів біотестування та запропонувати ряд методологічних і технологічних рішень щодо їх оптимізації.

Традиційна технологія передбачає використання для біотестування здебільшого ємкостей у межах 500-1000 см³. Однак, вирощування рослин-живителів у невеликому об'ємі ґрунту призводить до значного розгалуження, а відповідно і заселеності кореневої системи, особливо зовнішнього шару біозразку. Разом з тим, частина популяції нематод завершує цикл розвитку також і в середній його частині, що суттєво ускладнює підрахунок новоутворених самиць. Тому, для рівномірнішого розподілу кореневої системи в біотестованому ґрунті доцільним було застосування пірамідальних чи конусоподібних вставок (рис. 3.2).

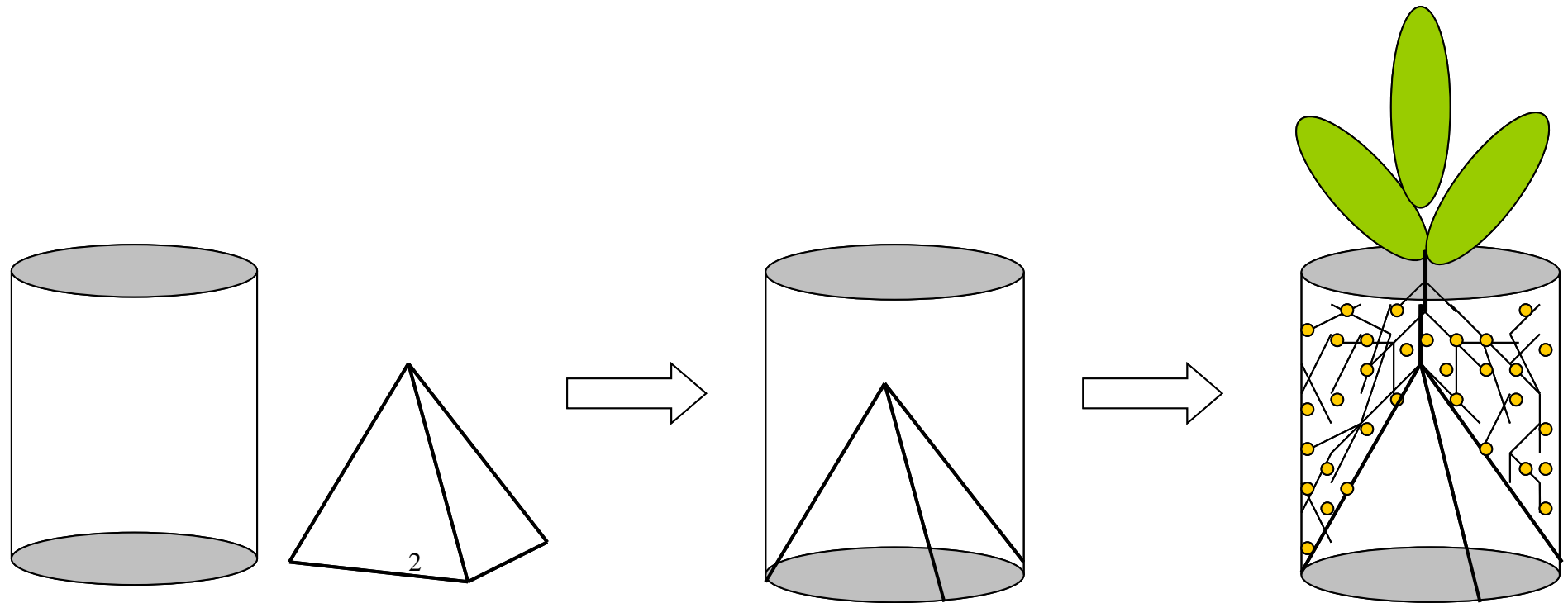


Рис. 3.2. Схема для проведення біотестування ґрунту в лабораторних умовах

1- посудина; 2 – скляна піраміда; 3 – посудина з пірамідою перед висіванням (висаджуванням) насіннєвого матеріалу; 4 – вегетуюча рослина із самицями на коренях

Встановлено, що використання пірамідальних чи конусоподібних вставок уможливило проведення спостережень за розвитком гетеродерід не тільки на зовнішніх, але і на внутрішніх стінках ємкості (патент на корисну модель № 124126). Це забезпечувало в 2-3 рази вищу ефективність виявлення, особливо низьких, найбільш проблемних для діагностування щільностей популяцій (100-200 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту). Зважаючи на високу ефективність розробленого нами методу біотестування ґрунту, вважаємо доцільним його практичне використання першочергово фахівцями карантинних інспекцій при прийнятті рішення щодо накладання карантину чи зняття обмежень з певних територій після застосування протинематодних заходів. Головною перевагою лабораторно-вегетаційного біотестування є висока ймовірність виявлення навіть низької вихідної заселеності ґрунту гетеродерідами, яку не завжди можливо діагностувати традиційними методами [176].

Однак, оптимізація умов росту і розвитку рослин в лабораторно – вегетаційних умовах сприяла вищому потенціалу розмноження цистоутворюючих нематод порівняно з виробничими умовами, Тому, враховуючи як переваги, так і недоліки лабораторного діагностування, нами було розроблено доступний і ефективний спосіб біологічного тестування ґрунту в польових умовах [28, 178]. Висока достовірність нематологічного діагностування досягалася завдяки дотриманню технологічних умов вирощування біотестованих рослин аналогічного виробничим (Патент на корисну модель № 125070).

Проведені нами багаторічні дослідження дали змогу оптимізувати методику проведення біологічного тестування ґрунту. З метою зменшення матеріальних витрат, просторове поширення осередків цистоутворюючих нематод встановлювали в рік вирощування на даному полі типових для розмноження сільськогосподарських культур. Далі, згідно розроблених шкал, оцінювали ступінь ураження рослин-живителів та розраховували тривалість необхідної перерви між їх повторним розміщенням.

Для періодичного контролю за динамікою їх чисельності, на кожному полі виділяли по 8-10 осередків із низьким, середнім та найвищим ступенем ураженості рослин-живителів. Наявність постійних орієнтирів на місцевості забезпечувало достовірне визначення їх локального місцезнаходження в наступні періоди обліку. Надзвичайно перспективним вважаємо використання для цієї мети приладів GPS. Занесення координат поширеності осередків в базу даних дає змогу чітко відтворити межі їх поширеності, навіть через декілька років.

За рік до запланованого вирощування на даному полі рослин-живителів проводили контрольне біотестування ґрунту (рис. 3.3). Багаторічними дослідженнями доказано, що за умови зниження самих високих вихідних щільностей популяції для даного поля до економічно-невідчутного рівня, післяротаційна заселеність гетеродерідами інших осередків з початково меншою заселеністю також була нижче порогової (рис. 3.4). Це дає нам змогу рекомендувати виробництву здійснювати періодичний моніторинг за зміною рівня заселеності ґрунту, лише на виділених ділянках з найбільшою вихідною щільністю для кожного конкретного поля (Патент на корисну модель № 135194). Для достовірного визначення місцезнаходження осередків цистоутворюючих нематод в наступних обліках, слід використовувати постійні орієнтири на місцевості чи заносити їх координати в прилади GPS [183].

Використання цієї методики забезпечувало також високу результативність первинної оцінки ефективності мікробіологічних препаратів, оскільки давало змогу розрахувати норму їх витрати на визначений об'єм за різної вихідної заселеності ґрунту цистоутворюючими нематодами (патент на корисну модель № 125073) [180].

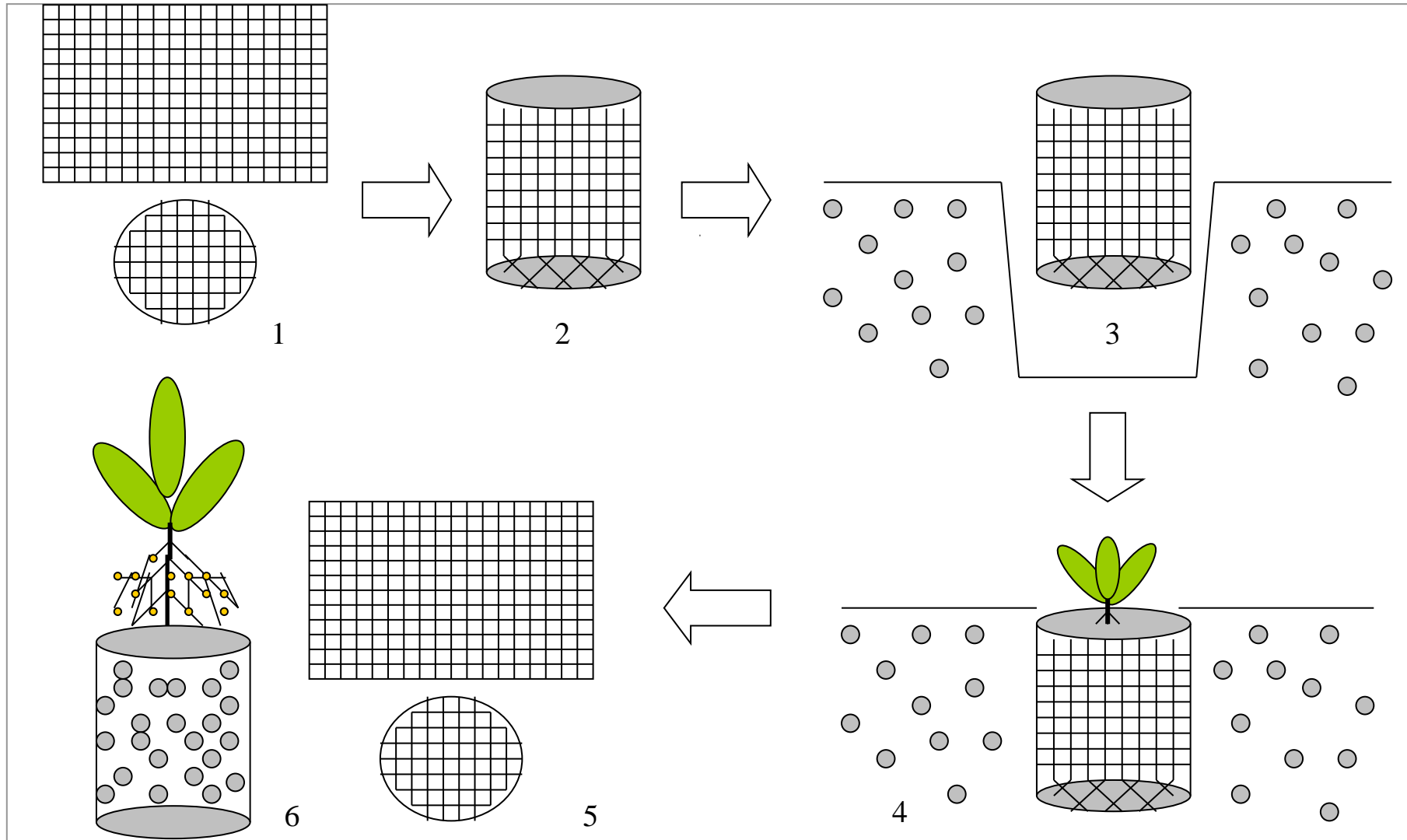


Рис. 3.3. Схема проведення дослід з нематологічного біотестування ґрунту у польових умовах

1 – комплектуючі деталі розбірного лізиметру; 2 – лізиметр у зібраному стані; 3 – закладання дослід; 4 – вирощування дослідних рослин; 5 – звільнення біозразку від сітчастого лізиметру; 6 – підрахунок чисельності самиць

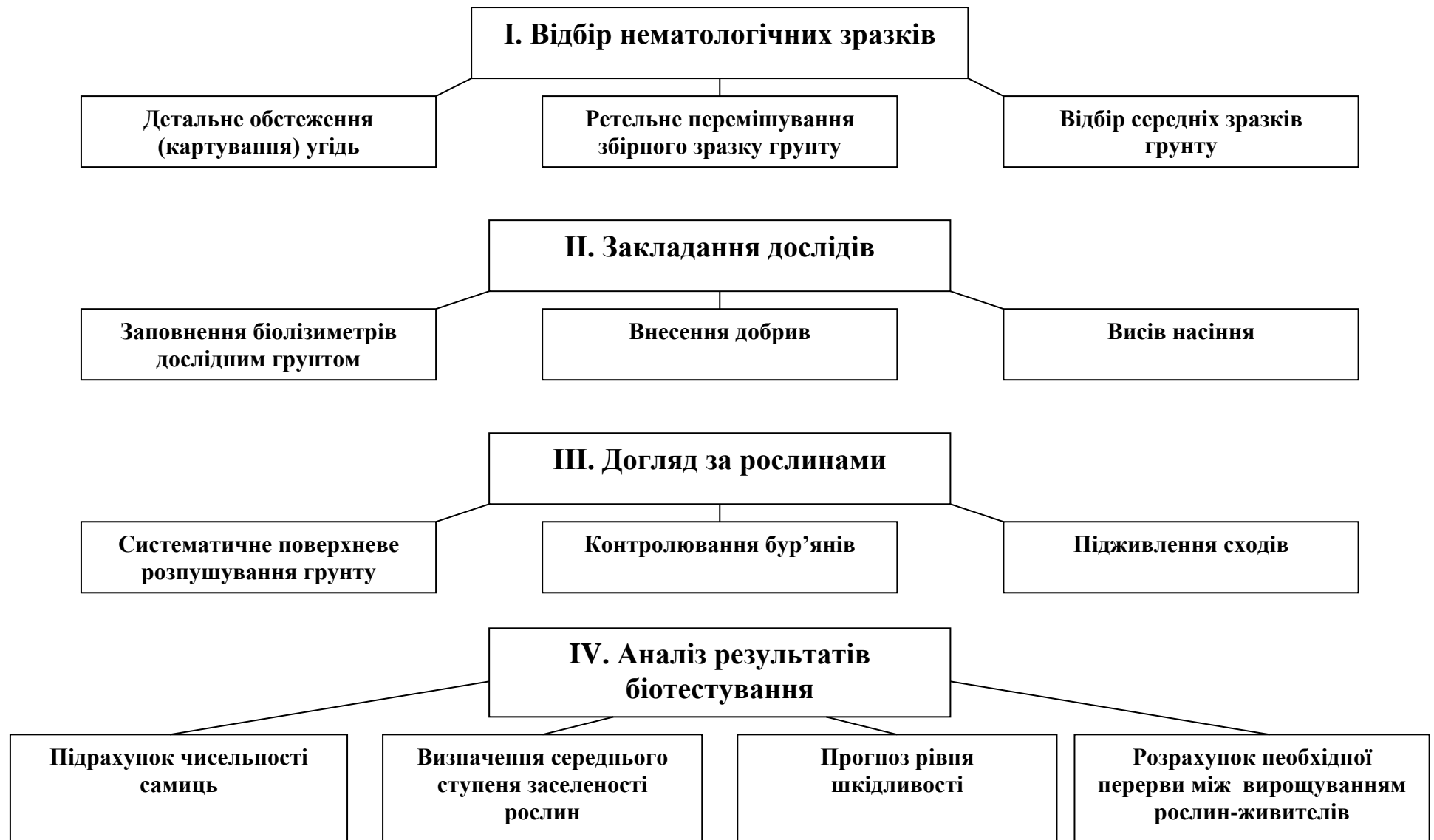


Рис. 3.4. Основні етапи біотестування ґрунту на заселеність цистоутворюючими нематодами

Головною перевагою розробленого нами методу біотестування є висока ймовірність виявлення навіть дуже низьких вихідних чисельностей, які не завжди вдається діагностувати традиційними методами флотаційного виділення цист; достовірність – умови вирощування дослідних рослин ідентичні виробничим; доступність і мінімальні матеріальні витрати – біотестовані рослини не потребують щоденного догляду та спеціального нематологічного обладнання і засобів оптики для визначення рівня їх інвазованості.

3.6 Діагностування бульбо-коренеплідної продукції на заселеність цистами

Проблема виявлення, локалізації і ліквідації осередків золотистої картопляної нематоди – об'єкта внутрішнього карантину рослин, залишається однією з актуальних. Згідно проведених нами досліджень садивний матеріал є одним із основних джерел розселення цистоутворюючих нематод. Традиційні цистовиділювачі розраховані на виділення цист нематод із невеликих в основному 100 см³ зразків ґрунту. Їх модифікація для проведення аналізу бульбокоренеплідів із застосуванням 8-10 літрових завантажувальних лійок не забезпечує повного змиву цист особливо із середнього і нижнього шару досліджуваного зразку. Це негативно позначається на достовірності нематологічного діагностування і може бути однією з причин подальшого розселення карантинного організму. Тому, одним із наших завдань була розробка цистовиділювача для проведення аналізу значних за масою (до 10 кг) зразків бульбо-коренеплідної продукції.

Переносний цистовиділювач (патент на винахід 62534) складається з основної (20 літрів) ємкості 1 з ребристим відстійником ґрунту 2 та кришкою 6 (рис. 3.5). В основній ємкості 1 розміщується менша за об'ємом сітчаста обертова ємкість 3 з діаметром вічок 10-20 мм та ручкою 7.

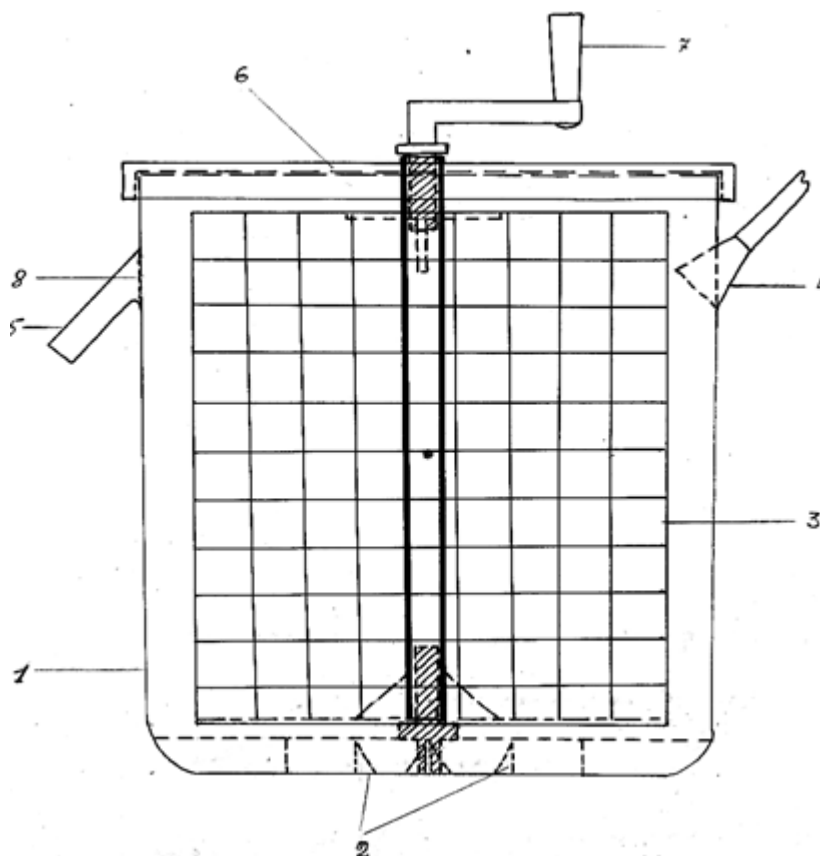


Рис. 3.5. Пристрій для аналізу бульбокоренеплодів на заселеність цистоутворюючими нематодами

Відстань між бічними стінками ємкостей становить – 50 мм, а з низу – 80 мм. Гідропістолет з розпилювачем 4 змонтовано під кутом 45° до сітчастої ємкості, а зливний лоток 5 знаходиться у верхній частині пристрою. Між основною ємкістю 1 і лотком 5 встановлено сітчастий дротяний фільтр 8 з діаметром вічок 3 мм [175].

Досліджуваній зразок бульб, цибулин квіткових рослин чи коренеплодів висипають у сітчасту ємкість і накривають кришкою для запобігання розбризкування суспензії. Воду подають гідропістолетом через розпилювач, регулюючи оптимальний тиск. Для досягнення повного змиву ґрунту і цист із рослинного зразка - сітчасту ємкість 3 обертають навколо осі ручкою 7. Частки ґрунту осідають на дно відстійника 2, а цисти, в міру заповнення основної ємкості водою, по зливному лотку 5 стікають в хімічну посудину об'ємом 2 л з попередньо вкладеним паперовим фільтром. Для затримання рослинних решток і запобігання

засміченості суспензії, між основною ємкістю і лотком встановлено сітчастий дротяний фільтр 8 з діаметром вічок 3 мм. Злив суспензії здійснюють до рівня, що складає $3/4$ від об'єму склянки. При необхідності, аналіз зразка можна провести повторно, але за умови зливу суспензії вже в іншу хімічну посудину [13].

Використання в розробленому нами пристрої сітчастої ємкості при її обертанні і подачі води розпилювачем під тиском і кутом 45° забезпечує краще змивання наявних цист по всій площині досліджуваного зразка. Наявність дротяного дрібносітчастого фільтру і ребристого відстійника для змитого ґрунту зменшує забрудненість суспензії і тим самим збільшує повноту виділення цист нематод, а технічне рішення пристрою дозволяє проводити аналіз продукції безпосередньо в місцях її реалізації.

Порівняльна оцінка виділення цист модифікованим базовим цистовиділювачем і розробленим пристроєм, здійснена нами у восьмикратній повторності (рис. 3.6), засвідчила в 1,5-3 рази вищу ефективність виявлення особливо низьких допосадкових чисельностей фітопаразита. Так, при наявності 1-3 цист золотистої картопляної нематоди в досліджуваному зразку бульб масою 10 кг, вірогідність виділення хоча б однієї цисти модифікованим базовим аналогом становила в середньому 12,5%, а розробленим пристроєм була у межах від 12,5 до 37,5%.

При вихідній чисельності в межах 4-10 екземплярів імовірність виявлення стандартним цистовиділювачем склала 25,0-62,5%, а розробленим пристроєм – 37,5-87,5% відповідно.

В разі заселеності бульб більше 15 цист на один досліджуваний зразок, імовірність їх виділення обома пристроями була достатньо високою понад 87,5%.

Враховуючи, що золотиста картопляна нематода є об'єктом внутрішнього карантину рослин, при діагностуванні навіть однієї цисти забороняється використовувати бульби картоплі в якості садивного матеріалу. Отже, розроблений пристрій забезпечував в 1,5-3 рази вищу

ефективність виявлення цист в досліджених зразках бульбо-коренеплідної продукції порівняно з базовим цистовиділювачем (завантажувальними лійками великого діаметру).

Враховуючи, що золотиста картопляна нематода є об'єктом внутрішнього карантину рослин, при діагностуванні навіть однієї цисти забороняється використовувати бульби картоплі в якості садивного матеріалу. Отже, розроблений пристрій забезпечував в 1,5-3 рази вищу ефективність виявлення цист в досліджених зразках бульбо-коренеплідної продукції порівняно з базовим цистовиділювачем (завантажувальними лійками великого діаметру).

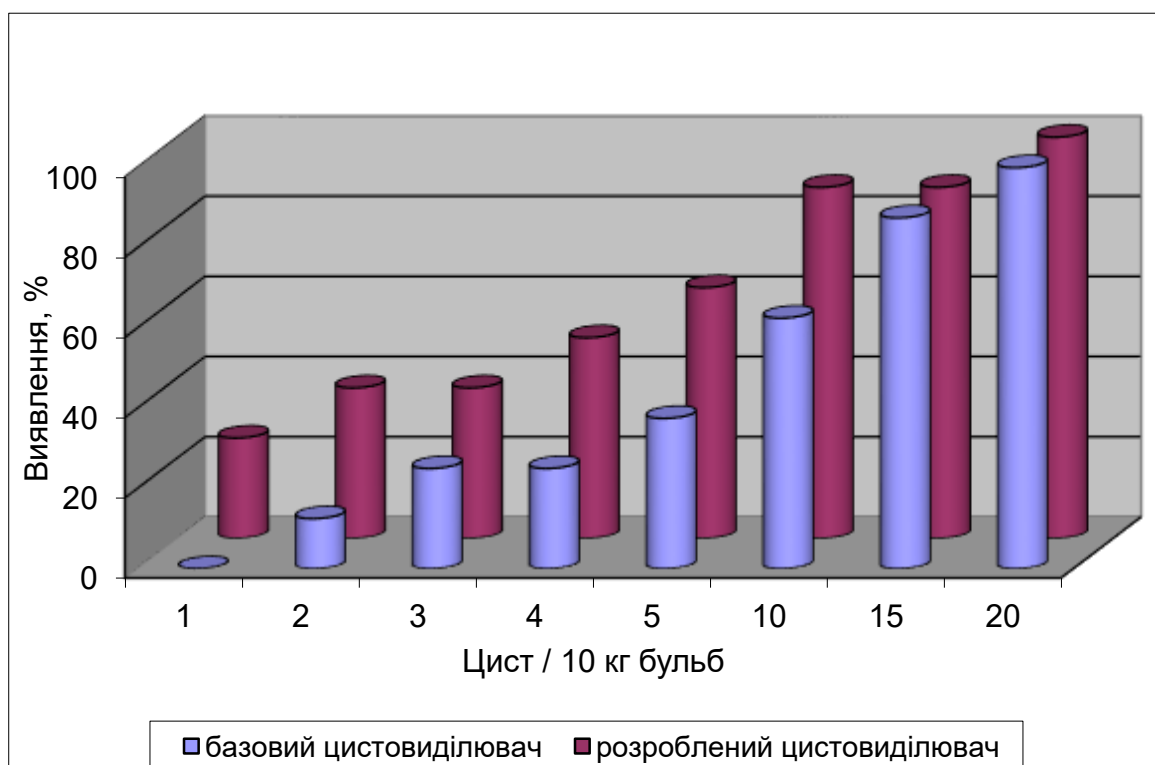


Рис. 3.6. Імовірність виявлення цист золотистої картопляної нематоди при аналізі бульб картоплі (УкрНДСКР ІЗР Чернівецької обл., 2005-2009 р.р.)

Впровадження пристрою в карантинних інспекціях запобігатиме поширенню золотистої картопляної нематоди та інших потенційно небезпечних видів з бульбо-коренеплідною продукцією.

3.7 Сучасна система моніторингу цистоутворюючих нематод

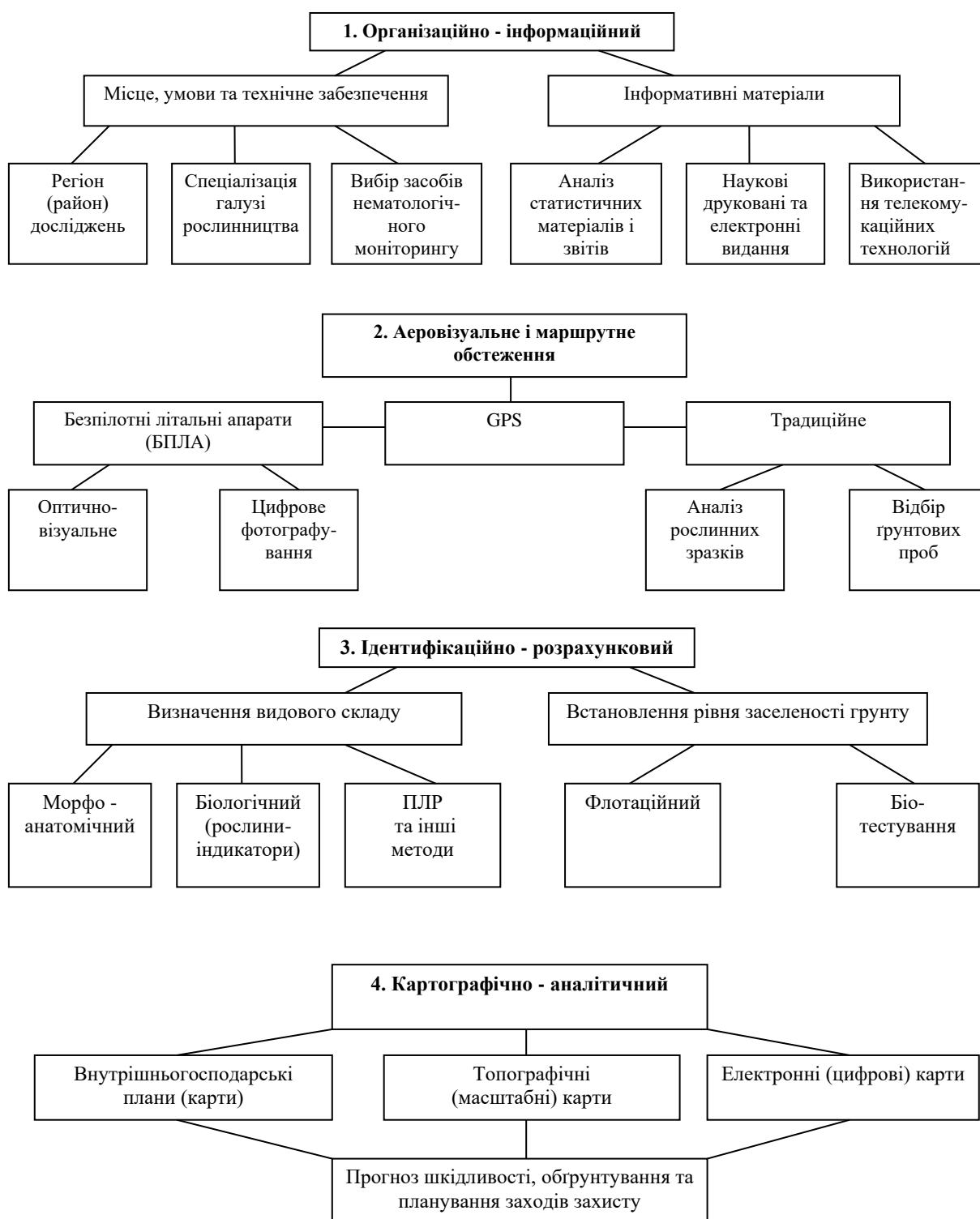


Рис. 3.7. Основні етапи сучасного моніторингу гетеродерід

За результатами проведених досліджень було удосконалено систему моніторингу цистоутворюючих нематод, основними етапами якого є:

- аеровізуальне обстеження фітоценозів безпілотними літальними апаратами з метою виявлення осередкованого ураження рослин та локальних відхилень рівномірності і однорідності рослинного покриву (остання декада червня – I, II декади липня).

- вибіркове діагностування виявлених осередків вдосконаленими традиційними методами. Аналіз кореневої системи пригнічених рослин-живителів на заселеність самицями (III декада червня – збирання урожаю).

- детально-візуальне обстеження (картування) гетеродерозних посівів методом човника з інтервалом між маршрутними смугами 50 м, а за загущеної рослинності – 25 м) для уточнення особливостей просторового розподілу осередків, бальної оцінки ступеня ураженості рослин-живителів та прогнозу потенційних втрат урожаю (III декада червня – збирання урожаю).

- первинний відбір зразків ґрунту за методом конверту до посіву чи після збирання урожаю на всіх інших полях, крім візуально обстежених в поточному році (першочергового суміжних з виявленими осередками).

- встановлення рівня заселеності – підрахунком чисельності яєць і личинок в цистах, виділених методом флотації з наважок 100 см³ ґрунту. Видову належність визначають за вдосконаленими морфометричними критеріями. Діагностування дуже низьких щільностей популяції (першочергово карантинних видів) – біотестуванням ґрунту за вдосконаленою методикою в лабораторних умовах.

- визначення загальних втрат урожаю на період збирання урожаю – методом розміщення диференційованих, залежно від площі осередків, облікових ділянок.

- діагностування підкарантинної бульбо-коренеплідної продукції – розробленим переносним цистовиділювачем для запобігання розселення цистоутворюючих нематод із садивним матеріалом.

– розроблення різних за значимістю нематологічних картограм (масштабних, внутрішньогосподарських, цифрових) для обґрунтування і локального застосування економічно-доцільних і екологічно-безпечних захисних заходів в поточному році і на тривалому перспективу.

– уточнення фітосанітарного стану агробіоценозів (доцільно після кожної ротації культур) – періодичним контролем зміни рівня заселеності ґрунту, виділених з координатною прив'язкою до місцевості, осередків гетеродерід (методом флотації чи біотестуванням в лабораторних або польових умовах) [45].

Розробка внутрішньогосподарських карт (планів) із детальним нанесенням на них просторового розподілу осередків цистоутворюючих нематод, зазначеною площею і рівнем заселеності ґрунту по кожному полю є основою для оптимізації структури посівних площ і сівозмін з урахуванням фітосанітарного стану агробіоценозів, обґрунтування допустимих строків повернення рослин-живителів на попереднє місце, планування та локального застосування інших протинематодно-ефективних та економічно і екологічно-доцільних заходів [5, 27].

Надзвичайно перспективним є створення електронних карт поширеності нематодозів. Занесення даних обстеження в базу пам'яті GPS уможливорює відтворення в польових умовах маршруту, розташування виявлених раніше мікроосередків цистоутворюючих нематод чи навіть місць відбору окремих нематологічних зразків, а надалі періодичне відстеження, уточнення і за необхідності корегування меж їх поширеності.

Висновки: Встановлення особливостей просторового поширення та рівня вихідної заселеності ґрунту цистоутворюючими нематодами в господарствах різних форм власності, забезпечує розробку заходів захисту на тривалу перспективу, а також локальне і диференційоване їх застосовування в чітко визначених осередках, що суттєво знижує матеріальні витрати, а відповідно і собівартість продукції рослинництва.

РОЗДІЛ 4

ЦИСТОУТВОРЮЮЧІ ІНЕМАТОДИ КУЛЬТУРНИХ ТА ПРИРОДНИХ ФІТОЦЕНОЗІВ

4.1 Зональна поширеність і таксономічна структура

За період проведення наукових досліджень в зоні Лісостепу і Полісся України нами виявлено 12 видів гетеродерід. Найбільше видів – 10, належить до роду *Heterodera*: *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871 – бурякова; *Heterodera medicaginis* Kirjanova, 1971 – люцернова; *Heterodera trifolii* Goffart 1932 – конюшинна; *Heterodera avenae* (Wollenweber, 1924) Krall et Krall, 1978 – вівсяна; *Heterodera filipjevi* (Madzhidov, 1981), Stelter, 1984 – пшенична; *Heterodera hordecalis*, Anderson, 1974 – ячмінна; *Heterodera humuli* Filipjev, 1934 – хмельова; *Heterodera cruciferae* Franklin, 1945 – капустяна; *Heterodera ripae* Subbotin, Sturhan, Waeyenberge, Moens, 1997 – струмкова; *Heterodera galeopsidis* Goffart, 1936 – жабрієва цистоутворююча нематода (табл 4.1).

Таблиця 4.1

Систематичне положення цистоутворюючих нематод поширених в Лісостепу і Поліссі України

Таксономічна структура	Назва	
	Латинська	Українська
Клас	Nematoda (Rudolphi, 1808) Skrjebin et Schuls, 1931	Нематоди
Підклас	Secernentea (Von Linstow, 1905) Dougherty, 1958	Сецернента (фазмідієві)
Ряд	Tylenchida (Filipjev, 1934) Thorne, 1949	Тіленхіда
Підряд	Hoplolaimina Chizhov et Berezina, 1988	—
Надродина	Hoplolaimoidea (Filipjev, 1934) Paramonov, 1967	—
Родина	Heteroderidae Scarbilovich, 1947	Гетеродерід
Підродина	Heteroderinae Filipjev et Schuurmans, Stekhoven, 1941	
Рід	<i>Heterodera</i> Schmidt, 1871	Гетеродера

Продовження таб. 4.1

1	2	3
Вид	<i>Heterodera schachtii</i> Schmidt, 1871	Бурякова
	<i>Heterodera avenae</i> (Wollenweber, 1924) Krall et Krall, 1978	Вівсяна
	<i>Heterodera medicaginis</i> Kirjanova, 1971	Люцернова
	<i>Heterodera trifolii</i> Goffart, 1932	Конюшинна
	<i>Heterodera humuli</i> Filipjev, 1934	Хмельова
	<i>Heterodera cruciferae</i> Franclin, 1945	Капустяна
	<i>Heterodera hordecalis</i> Andersson, 1974	Ячмінна
	<i>Heterodera filipjevi</i> (Madzhidov, 1981) Stelter, 1984	Пшенична
	<i>Heterodera galeopsidis</i> Goffart, 1936	Жабрієва
	<i>Heterodera ripae</i> Subbotin, Sturhan, Waeyenberge, Moens, 1997	Струмкова
Рід	<i>Punctodera</i> Mulvey et Stone, 1976	Пунктодера
Вид	<i>Punctodera punctata</i> (Thorne, 1928) Mulvey, Stone, 1976	Злакова нематода
Рід	<i>Globodera</i> (Scarbilovich, 1959) Behrens, 1975	Глободера
Вид	<i>Globodera rostochiensis</i> (Wollenweber, 1923) Behrens, 1975	Золотиста картопляна

Роди *Globodera* і *Punctodera* включають по 1 виду: *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923), Behrens, 1975 – золотиста картопляна і *Punctodera punctata* (Thorne, 1928) Mulvey, Stone, 1976 – злакова цистоутворююча нематода. Отже, переважна кількість видів цистоутворюючих нематод (88%) належить до роду *Heterodera*, що ускладнює їх систематичне визначення (рис.4.1).

Осередки бурякової нематоди нами виявлено в Вінницькій, Житомирській, Київській, Полтавській, Рівненській, Сумській, Тернопільській, Хмельницькій, Черкаській і Чернігівській областях;

вівсяної нематоди в Волинській, Житомирській, Київській, Полтавській, Сумській, Черкаській і Чернігівській областях; золотистої картопляної нематоди в Волинській, Житомирській, Київській, Львівській, Сумській, Черкаській і Чернігівській областях; конюшинної цистоутворюючої нематоди в Волинській, Житомирській, Київській, Сумській, Хмельницькій і Чернігівській областях; люцернової цистоутворюючої нематоди в Вінницькій, Полтавській, Сумській і Черкаській областях; хмельової цистоутворюючої нематоди в Житомирській області; капустяної цистоутворюючої нематоди в Житомирській, Сумській, Черкаській і Черновицькій областях; пшеничної цистоутворюючої в Київській і Чернігівській областях; струмкової цистоутворюючої нематоди в Волинській, Житомирській і Сумській областях; ячмінної і жабрієвої в Київській і Чернігівській областях; злакової нематоди в Чернігівській області [36].

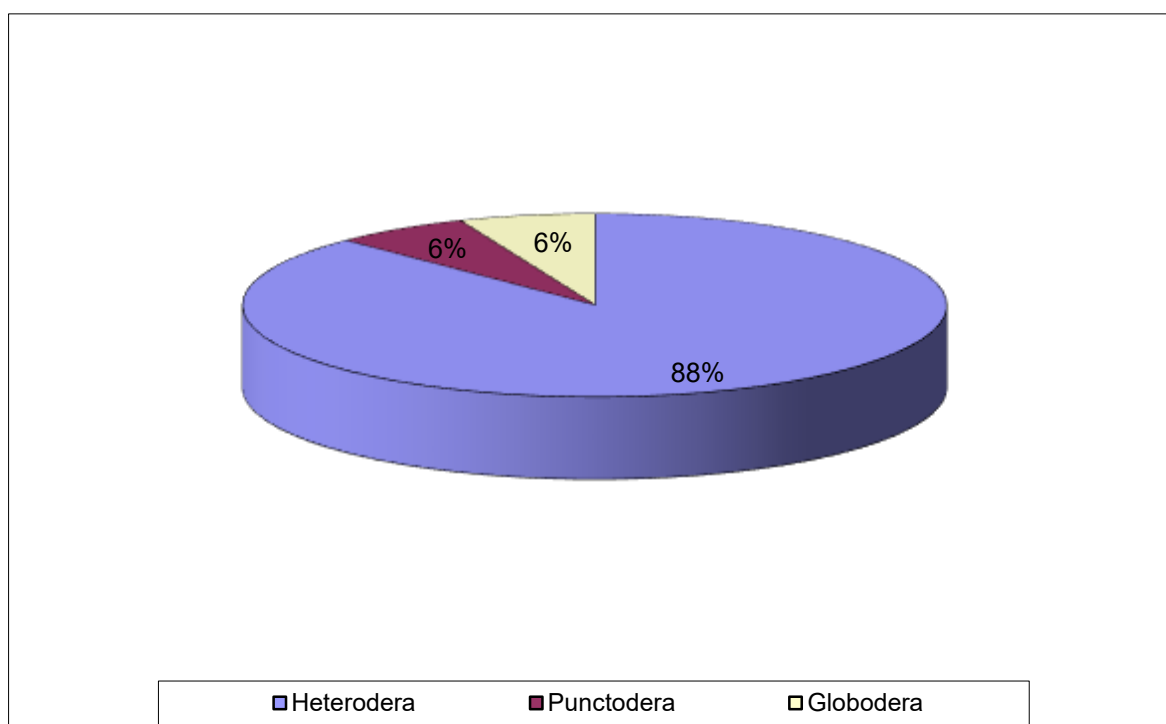


Рис. 4.1. Таксономічна структура родів родини Heteroderidae

Аналіз результатів обстеження господарств різних форм власності дає змогу зробити наступні висновки: заселеність ґрунту вівсяною

нематодою була вищою у господарствах, особливо фермерських, з часткою насичення зерновими колосовими понад 50% або при частих повторних посівах колосових культур; конюшинної і люцернової цистоутворюючих нематод в колективних господарствах, які спеціалізуються на тваринництві, фермерських господарствах – здебільшого виробництва молока з тривалим понад трирічним використанням посівів багаторічних бобових трав. Відбувається також накопичення на присадибних ділянках, часто з 4-5-річними термінами вегетації багаторічних бобових, які заорюють лише за значної зрідженості посівів та недоцільності подальшого господарського використання.

Проблема ефективного контролю гетеродерозу буряків та багаторічних бобових трав на присадибних ділянках ускладнена невеликою площею наділів (0,2-0,5 га) і здебільшого вирішувалася повною відмовою від їх вирощування у зв'язку з низькою продуктивністю культур. Аналіз результатів просторового поширення засвідчив, що просапні культури зумовлюють більше накопичення цистоутворюючих нематод у рядках порівняно з міжряддями. Проте, дана тенденція розподілу спостерігається за умови відбору зразків безпосередньо перед збиранням урожаю до проведення технологічних операцій з обробітку ґрунту. Для культур суцільного посіву такої чіткої закономірності горизонтального розповсюдження популяцій цистоутворюючих нематод не спостерігалось. Картування угідь також дало змогу уточнити, що поширення цистоутворюючих нематод здебільшого відбувається за принципом Паусона чи негативного біноміального розподілу. Подібний розподіл є типовим для ряду інших видів фітопаразитичних нематод [212].

Встановлено, що найбільших збитків нині завдають бурякова, вівсяна, золотиста картопляна й хмельова нематоди [6, 7, 8, 9, 18, 243]. Їх поширення в основному співпадає з районами традиційного вирощування буряків цукрових, зернових колосових, картоплі і хмелю, що свідчить про

високу ступінь їх трофічної спеціалізації, набуту впродовж тривалої сумісної еволюції.

За накопичення високої чисельності втрати врожаю багаторічних бобових трав зумовлюють: конюшина і люцернова цистоутворюючі нематоди. Потенційно небезпечною для конюшини є також жабрієва нематода; зернових колосових – пшенична і ячмінна цистоутворюючі нематоди; капусти – капустяна цистоутворююча нематода.

Інші види гетеродерід: злакова і струмкова – поширені переважно в біоценозах, проте зустрічаються також і в агроценозах [5, 8, 44].

4.2 Морфологія і морфометрія цистоутворюючих нематод

Переважає більшість, поширених в Україні видів гетеродерід, мають на стадії цисти лимоноподібну форму тіла та значно рідше грушоподібну чи округлу (табл. 4.2). Така подібність будови спонукає для їх ідентифікації добирати сталі, а головне відмінні діагностичні ознаки. Традиційно видовий склад гетеродерід визначають на основі досліджень препаратів анально-вувльварної ділянки зрілих самиць (цист), морфометричних показників личинок другого віку та самців [98, 119, 149, 229]. Проте, використання цих критеріїв дає змогу здійснити їх класифікацію в основному до роду.

Серед досліджених нами видів до циркумфенестрального типу (фенестра округла і відсутній вувльварний місток на стадії цисти) належить карантинний організм – золотиста картопляна нематода (рід *Globodera*). У злакової нематоди анально-вувльварна пластинка також циркумфенестрального типу, однак її особливістю є наявність двох округлих, майже аналогічних за розмірами – вувльварної і анальної фенестр (рід *Punctodera*).

Таблиця 4.2

**Порівняльна морфометрична характеристика цистоутворюючих нематод, поширених
в Лісостепу і Поліссі України
(розміри в мкм) [23]**

Морфометичні ознаки	Золотиста картопляна	Вівсяна	Бурякова	Люцернова	Конюшинна
1	2	3	4	5	6
Форма цист	Куляста без вульварного конусу	Лимоноподібна з помірним і заокругленим конусом	Лимоноподібна з довгим і гострим конусом	Лимоноподібна з помірним конусом	Лимоноподібна, часто з асиметричним розміщенням конусів
Колір цист	Золотисто – жовтий, з часом коричневий	Світло - коричневий, з часом коричневий, бурий	Світло - коричневий, з часом коричневий, бурий	Жовтувато - коричневий, з часом коричневий	Жовтий, з часом коричневий
Цисти: довжина ширина	568 (519 – 673) 547 (492 – 654)	741 (374 – 1267) 452 (289 – 638)	914 (587 -1328) 573 (312 – 959)	758 (432 – 1147) 495 (246 – 821)	614 (348 – 814) 362 (176 – 543)
Відношення ширини цист до довжини	1,04 (1,02 – 1,05)	1,64 (1,29 – 1,98)	1,59 (1,42 – 1,87)	1,53 (1,34 -1,76)	1,70 (1,49 – 1,97)
Суб-кристаліновий шар	Інколи	Є	Є, нестійкий	Є, стійкий	Є

Продов. табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
Фенестра	Циркум- фенестральна	Біфенестральна	Амбіфенестральн а	Амбіфенестральн а	Амбіфенестральна
Діаметр двох напівфенестр (фенестри)	20,1 (16,9 – 21,4)	48,6 (47,8 – 57,3)	41,3 (34,6 – 52,7)	37,8 (32,1 – 48,5)	39,4 (33,4 - 56,2)
Довжина вувльви	9,2 (7,4 – 12,1)	10,6 (9,3 – 14,2)	45,1 (43,4 – 51,3)	39,7 (37,6 – 53,9)	42,3 (41,6 – 47,4)
Вульварний верхній місток	Відсутній	Широкий 11,7 (9,6– 14,3)	Вузкий 3,9 (2,6 – 5,8)	Відносно широкий 8,7 (8,1– 12,9)	Вузкий 3,2 (2,1 – 5,4)
Нижній місток	Відсутній	Відсутній	Добре розвинутий	Добре розвинутий	Добре розвинутий
Відстань від вувльви до анусу	72,8 (57,3 – 98,2)	68,3 (54,9 – 91,4)	78,6 (73,2 – 102,4)	74,3 (57,1 – 87,6)	67,4 (48,3 – 78,6)
Наявність булле	Відсутні	Великі	Численні	Числені	Великі
Яйцевий мішок	Іноді, без відкладки яєць	Є, без відкладки яєць	Є, невеликий, поодинокі яйця	Є, великий, поодинокі яйця	Є, поодинокі яйця
Самці: довжина стилет спікули	914– 1362 21,3 – 23,8 31,2 – 34,7	1046 – 1461 23,4 – 29,8 32,4 – 35,7	1023 – 1585 26,3 – 29,2 31,2 – 35,7	972– 1457 23,4 – 28,7 26,7 – 33,8	Не виявлено

Продов. табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
Яйця: довжина ширина	103 (97 – 114) 44,2 (42,1 – 47,8)	126 (109 – 138) 45,7 (40,3 – 47,6)	112 (93 – 128) 45,3 (41,5 – 47,3)	108 (96 – 121) 42,8 (39,3 – 46,7)	103 (90 – 117) 41,9 (37,2 – 43,6)
Відношення ширини яєць до довжини	2,33 (2,30 – 2,38)	2,76 (2,74 – 2,89)	2,43 (2,24 – 2,71)	2,52 (2,44 – 2,59)	2,47 (2,41 – 2,68)
Личинка: довжина ширина	471 (465 – 479) 18,3 (17,4 – 21,6)	562 (541 – 593) 21,6 (21,3 – 21,9)	512 (437 – 576) 21,2 (19,4 – 21,8)	496 (429 – 528) 20,8 (19,1 – 21,5)	492 (467 – 519) 20,1 (17,8 – 21,3)
Довжина стилету	22,1 (21,9 – 22,4)	27,2 (26,2 – 28,3)	24,8 (23,8 – 26,1)	24,9 (24,6 – 29,7)	25,3 (23,4 – 27,5)
Довжина гіалинової частини хвоста	24,3 (22,3 – 26,2)	39,7 (35,6 – 43,8)	24,6 (23,7 – 26,8)	26,6 (25,1 – 32,1)	36,2 (31,4 – 40,2)
Відношення гіалинової частини хвоста до стилету	1,09 (1,02 – 1,16)	1,46 (1,36 – 1,54)	1,01 (1,0 – 1,02)	1,07 (1,02 – 1,08)	1,43 (1,34 – 1,46)

Морфометричні ознаки	Хмельова	Жабрієва	Капустяна	Пшенична	Злакова
1	2	3	4	5	6
Форма цист	Лимоноподібна зі слабо виступаючим конусом	Лимоноподібна, із симетричним розміщенням конусів	Лимоноподібно - куляста зі слабо виступаючим конусом	Лимоноподібна з вираженим вульварним конусом	Грушоподібна, видовжено - овальна
Колір цист	Світло- коричневий	Спочатку жовтий, потім коричневий, темно - коричневий	Червоно - коричневий, темно - коричневий	Світло- коричневий	Від світло - жовтого до темно - коричневого
Цисти: довжина ширина	521 (324–876) 367 (284–572)	814 (619 – 993) 546 (452 – 617)	517 (386 – 674) 407 (284 – 548)	748 (632-924) 583 (378-662)	543 (382 – 731) 372 (242 – 463)
Відношення ширини цист до довжини	1,42 (1,14 – 1,53)	1,49 (1,37 – 1,61)	1,27 (1,23 – 1,36)	1,28 (1,39–1,67)	1,46 (1,32 – 1,58)
Суб- кристаліновий шар	Відсутній, іноді слабо виражений	Добре виражений	Є	Є	Добре виражений
Фенестри: тип підтип	Біфенестральна	Амбіфенестральна	Амбіфенестральна	Біфенестральна	Циркумфенестра льна
Діаметр двох напівфенестр (фенестри)	43,6 (37,5 – 46,9)	74,1 (65,4 - 83,2)	39,2 (36,5 – 42,7)	52,1 (43,4-58,6)	34,9 (29,4 – 38,1)

Продов. табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
Довжина вульви	42,8 (41,6 – 48,7)	48,2 (42,4 – 53,7)	37,6 (34,7 – 41,8)	10,8 (8,2-13,9)	
Вульварний місток	Широкий	Вузький	Широкий	Вузький	Відсутній у цист
Нижній місток	Слабко виражений	Є, пігментований	Добре розвинутий	Добре розвинутий	Відсутній
Відстань від вульви до анусу	46,1 (42,3-51,8)		61,3 (49,2 -82,4)	64,9 (57,6-87,4)	57,4 (46,1 – 64,3)
Наявність буллі	Нечисленні або відсутні	Численні	Відсутні	Великі	Відсутні
Яйцевий мішок	Є, переважно без яєць	Не відомо	Великий з незначною кількістю яєць	Є	Слабо розвинутий
Яйця: довжина ширина	93,6 (87,4 – 112,3) 41,2 (35,7 – 53,2)	112 (94 – 128) 43 (37 – 48)	103,7 (97,3 – 116,9) 47,6 (43,1 – 62,3)	119 (104-134) 46,9 (42,4-51,8)	126,9 (117,8 – 137,3) 46,3 (44,2 – 49,4)

Продов. табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
Відношення ширини яєць до довжини	2,27 (2,11-2,44)	2,6 (2,5 – 2,7)	2,18 (1,87 – 2,26)	2,53 (2,45-2,59)	2,74 (2,66 – 2,78)
Личинка: довжина ширина	392 (314 -472) 19,2 (17,3– 20,6)	459 (372 – 528) 20,6 (17,9 – 21,7)	441 (368 - 495) 20,4 (18,7 – 21,3)	531 (492-554) 24,3 (21,2-27,6)	474 (372 – 523) 23,1 (20,9 – 25,2)
Довжина стилету	24,3 (22,9 – 26,1)	22,8 (21,1 – 24,2)	27,1 (25,8 – 27,9)	25,7 (22,9-26,3)	33,4 (32,6 -34,1)
Довжина гіалинової частини хвоста	26,7 (24,8 – 28,7)	31,4 (29, 3 – 32,6)	35,8 (32,1 – 40,6)	33,6 (31,4-36,7)	53,1 (49,3 – 60,7)
Відношення гіалино- вої частини хвоста до стилету	1,09 (1,08 – 1,1)	1,38 (1,39 – 1,34)	1,32 (1,24 – 1,41)	1,38 (1,14-1,52)	1,59 (1,51 – 1,78)
Самці: довжина стилеть спікули	843 (732-976) 27,8 (26,2 – 32,6) 30,4 (29,3 – 31,1)	Не виявлені	1126 (1072-1194) 27,7 (24,8 – 29,1) 31,8 (30,9 – 33,4)	1218 (1143-1387) 27,8 (27,1-28,4) 31,4 (30,6-34,2)	1168 (923-1281) 25,8 (22,7 – 29,1) 33,2 (32,4 – 36,7)

Морфометричні ознаки	Ячмінна	Струмкова
1	2	3
Форма цист	Лимоноподібна з помірно виступаючим конусом	Лимоноподібна зі слабо виступаючим вульварним конусом
Колір цист	Світло - коричневий, з часом коричневий	Світло – коричневий, з часом коричневий
Цист: довжина ширина	702 (463 – 1046) 447 (354 – 572)	462 (287 – 654) 326 (163 – 474)
Відношення ширини цист до довжини	1,57 (1,31-1,82)	1,42 (1,37 – 1,76)
Субкристаліновий шар	Є	Є
Фенестри: тип підтип	Біфенестральна	Біфенестральна
Довжина двох напівфенестр (фенестри)	57,4 (52,8– 65,6)	39,6 (32,9– 44,7)
Довжина вульви	21,3 (15,2-24,3)	36,7 (31,4 – 43,6)
Вульварний верхній місток	Широкий	Відносно широкий
Нижній місток	Добре розвинутий	Добре розвинутий

Продов. табл. 4.2

1	2	3
Відстань від вульви до анусу	51,2 (42,4-57,8)	
Наявність буллє	Відсутні, іноді дрібні	Дрібні, скупчено розміщені
Яйцевий мішок	Переважно відсутній	Рідко, без відкладки яєць
Яйця довжина ширина	116,2 (104 – 136) 44,6 (40,2 – 47,4)	91,8 (86,7-102) 38,6 (37,4-41,8)
Відношення ширини яєць до довжини	2,61 (2,48 – 2,87)	2,38 (2,32 – 2,44)
Личинка: довжина ширина	473 (421 – 486) 19,2 (18,1 – 20,3)	416 (396 – 427) 19,6 (19,1 – 19,7)
Довжина стилету	23,2 (22,3 – 24,4)	22,7 (21,6-23,8)
Довжина гіалинової частини хвоста	35,1 (32,6-38,9)	22,4 (21,3-23,6)
Відношення гіалинової частини хвоста до стилету	1,51 (1,4 – 1,6)	1,04 (1,0-1,1)

Для всіх інших виявлених нематод, властива анально-вульварна пластинка семифенестрального типу, який поділяється на два підтипи (в ряді публікацій їх розглядають також як окремі типи) біфенестрального (довжина прозорих ділянок майже вдвоє більша ширини, а напівфенестри розділені широким вульварним містком) – вівсяна, пшенична, ячмінна, хмельова і струмкова цистоутворюючі нематоди та амбіфенестрального (фенестра наближено дорівнює ширині, а напівфенестри розділені вузьким вульварним містком) – бурякова, люцернова, капустана, конюшинна та жабрієва цистоутворюючі нематоди (*pid Heterodera*).

Ідентифікація видового складу, особливо останнього роду, стала можливою лише на основі детального дослідження їх морфоанатомічної будови, уточненні видових відмінностей, встановленні сталих класифікаційних ознак, практичне використання яких забезпечило вдосконалення ключа визначення нематод родини Heteroderidae [5, 7, 11, 20, 23, 44].

4.3 Вдосконалення критеріїв визначення гетеродерід

Для визначення видового складу гетеродерід, крім загальновизнаних критеріїв (тип анально-вульварної пластинки, морфометричні показники личинок і самців), доцільно використовувати також комплекс інших морфоанатомічних і біологічних ознак: форма і середні розміри цист у межах популяції, особливості будови та розміщення головного та вульварного конусів, характер пунктирування кутикули, наявність чи відсутність буллі, їх форма, розміри, розміщення, будову вульварного містка, довжину вульварної щілини, наявність чи відсутність нижнього містка, а в період онтогенезу – формування та стійкість субкристалінового шару, наявність яйцевих мішків та здатність до відкладки в них яєць, особливості проходження хромогенезу самицями, партеногенез, трофічна спеціалізація видів [5, 20, 23].

Морфологічну ідентифікацію гетеродерід доцільно поєднувати з біотестуванням, використовуючи в якості рослин-живителів, типові для даної зони культури [8, 20, 28, 52] .

Оскільки в останні роки для ідентифікації цистоутворюючих нематод почали застосовувати біохімічні та інші сучасні методи, нашим завданням було оцінити можливість їх практичного використання.

У результаті проведених досліджень методом ізоелектричного фокусування білків в поліакриламідному гелі доказано, що білкові спектри цист відібраних з осередків глободерозу належать до одного виду *G. rostochiensis* (патотипу Ro₁) – золотистої картопляної цистоутворюючої нематоди [41].

Водночас, зважаючи на поки що високу вартість біохімічних та інших сучасних методів діагностування, їх варто першочергово застосовувати для визначення видового складу нових для науки та карантинних видів нематод.

При вдосконаленні ключа визначення, поширених та карантинних для України видів, за основу використано класифікацію гетеродерід до роду вчених Х. Деккера, 1972 [99]; С.В. Зиновьевой, В.Н. Чижова, 2012 [255].

Ключ визначення основних і карантинних видів родини Heteroderidae

1. Самиці – седентарні ектопаразити коренів. Після відмирання завжди перетворюються в цисту – жовту, світло-коричневу, коричневу. Здатні викликати „бородатість” кореневої системи.....**Родина**

Різношкірі (цистоутворюючі) нематоди – Heteroderidae

2 (10). Фенестра округлої форми – циркумфенестральний тип анально-вульварної пластинки.

3 (6). Цисти кулясті без вульварного конусу. Кутикула крапчасто-сітчаста. Булле не має. Довжина вульви самиць у межах 8-12 мкм, менше діаметру фенестри. Анус V подібної форми, знаходиться на значній віддалі від

вувльви. На стадії цисти – відсутній вульварний місток. Відношення гіалинової частини хвоста до стилету личинок наближено дорівнює 1

.....**Рід *Globodera***

4 (5). Кількість кутикулярних складок між вульварною областю і анусом - 21,6 (16-31). Індекс Гранека в середньому становить 4,5. Стилети личинок довжиною 22 мкм із заокругленими базальними голівками. Розвиток самиць відбувається із проміжною золотистою фазою. Основні рослини-живителі: картопля, рідше томати, баклажани..... *Золотиста картопляна нематода – *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923) Scarbilovich, 1959, Behrens, 1975.

5 (4). Кількість кутикулярних складок між вульварною областю і анусом - 12,2 (8-20). Індекс Гранека в середньому становить 2,5. Стилети личинок довжиною 23,6 мкм із загостреними і виїмкою базальними голівками. Білі самиці перетворюються в коричневу цисту без проміжної золотистої фази. Основні рослини-живителі: картопля, в т.ч. стійкі сорти до золотистої, рідше томати, баклажани.....**Бліда картопляна – *Globodera pallidae* (Stone, 1973) Behrens, 1975.

6 (8). Цисти кулясто – лимоноподібної чи веретеноподібної форми з маленьким вульварним конусом і помірно видовженим головним кінцем тіла. Кутикула із зигзагоподібними складками. Анально-вульварна пластинка циркумфенестрального типу. Вульварний місток переважно відсутній на стадії цисти. Відношення гіалинової частини хвоста до стилету менше 1 **Рід *Cactodera***

7. Самиці кулясто – лимоноподібні, розмірами 0,5-0,7×0,4-0,6 мм з коротким вульварним конусом. Довжина вувльви 21-27 мкм. Самці довжиною близько 1 мм. Колір цист від золотисто-жовтого до темно-коричневого, червоно-коричневого. Буллі слабо помітні чи відсутні. Основні рослини-живителі: кактуси та інші теплолюбиві рослини ботанічних садів, оранжерей..... Кактусова нематода – *Cactodera cacti* (Filipjev et Schurmans Stekhowen, 1941) Krall et Krall, 1978.

8 (10). Цисти грушоподібної чи овальної форми тіла з видовженим головним кінцем без вульварного конусу. Анально-вульварна пластинка складається із двох округлих, майже аналогічних за розмірами - вульварної і анальної фенестр..... Рід *Punctodera*

9. Самиці розмірами 0,4-0,7 0,2-0,5 мм. Самці довжиною 1,0-1,1 мм. Колір цист від світло-жовтого до темно-коричневого, у ґрунті часто землистого кольору. Буллі відсутні. Анус дещо менший і віддалений на ширину фенестри. Відношення гіалинової частини загостреного хвоста личинок до стилету понад 1,5. Розвиток самиць відбувається без проміжної жовтої фази. Основні рослини-живителі: культурні і дикі злаки.....Злакова цистоутворююча

нематода – *Punctodera punctata* (Thorne, 1928) Mulvey, Stone, 1976.

10 (2). Вульварна пластинка складається із двох напівфенестр, розділених вульварним містком – семифенестральний тип анально-вульварної пластинки. Анус набагато менший за вульварну фенестру.....Рід *Heterodera*

11 (19). Напівфенестри розділені широким вульварним містком. Довжина фенестри приблизно вдвоє більша ширини – біфенестральний підтип.

12 (16) Цисти лимоноподібні з помірно виступаючим і заокругленим вульварним конусом. Напівфенестри видовжено-округлі. Довжина вульварної щілини у межах 5-30 мкм.

13 (14). Самиці розмірами 0,6-0,9×0,4-0,6 мм, самці довжиною 1,3-1,4 мм. Вульва коротка (5-14 мкм), значно менша за вульварний місток. Нижнього містку немає. Буллі великі, добре помітні. Гіалинова частина хвоста в 1,5-1,7 рази перевищує довжину стилету. Основні рослини-живителі: культурні і дикі злаки.....Вівсяна нематода – *Heterodera avenae* (Wollenweber, 1924) Krall et Krall, 1978.

14 (15) Самиці розмірами 0,6-0,9×0,4-0,7 мм, самці довжиною 1,1-1,4 мм. Вульварна щілина (8-14 мкм), значно менша за вульварний місток. Нижній місток добре розвинутий. Буллі великі, багаточисельні. Гіалинова частина

хвоста в 1,4-1,5 рази перевищує довжину стилету. Основні рослини-живителі: Пшениця та інші культурні і дикі злаки.....Пшенична нематода – *Heterodera filipjevi* (Madzhidov, 1981), Stelter, 1984.

15. Самиці розмірами 0,6-1,0×0,4-0,7 мм. Самці довжиною 1,3-1,4 мм. Довжина вульви (15-24 мкм) не перевищує вульварний місток. Нижній місток добре розвинутий. Булле переважно відсутні чи дрібні. Гіалинова частина хвоста в 1,4-1,6 рази перевищує довжину стилету. Основні рослини-живителі: ячмінь та дикі злаки.....Ячмінна нематода – *Heterodera hordecalis*, Anderson, 1974.

16 (19). Цисти лимоноподібно-кулясті з коротким головним кінцем тіла і слабо виступаючим вульварним конусом. Булле переважно відсутні, інколи дрібні. Довжина вульварної щілини у межах 31-60 мкм.

17 (18). Самиці 0,3-0,7×0,2-0,5 мм, самці 0,7-1,0 мм. Кутикула містить зигзагоподібні складки і дрібні шипики. Вульварна щілина (31,4,-43,6 мкм) дещо більша за вульварний місток. Нижній місток тонкий, нестійкий. Гіалинова частина хвоста личинок наближено дорівнює довжині стилету. Основні рослини-живителі: кропива дводомна Струмкова нематода – *Heterodera ripae* Subbotin, Sturhan, Waeyenberge, Moens, 1997.

18. Самиці розмірами 0,3-0,8×0,3-0,6 мм. Самці довжиною 0,7-1,0 мм. Кутикула цист із зигзагоподібними складками без шипиків. Вульва довга (41,6-58,7) наближено дорівнює довжині вульварного містку. Нижній місток слабо виражений. Відношення гіалинової частини хвоста личинок до стилету близько 1,1. Основні рослини-живителі: хміль.....Хмельова нематода – *Heterodera humuli* Filipjev, 1934.

19 (11). Напівфенестри розділені вузьким вульварним містком. Вульварна щілина в межах 31-60 мкм. Добре розвинений нижній міст. Довжина фенестри наближено дорівнює її ширині - амбіфенестральний підтип.

20 (24). Цисти лимоноподібні з добре вираженим вульварним конусом, кутикула із зигзагоподібними складками і розвинутими булле, розміщеними переважно в області заднього моста.

21 (22). Самиці розмірами 0,5-1,2×0,3-0,8 мм, самці довжиною 1,3-1,6 мм. Цисти із довгим різко виступаючим вульварним конусом. Колір цист від світло-коричневого до бурого. Кутикула цист товста, містить шипики. Довжина вульви (43,4-51,3 мкм) дещо перевищує вульварний місток. Гіалинова частина хвоста личинок дорівнює довжині стилету. Основні рослини-живителі: буряки, капуста, ріпак, редька, гірчиця.....Бурякова нематода – *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871

22 (23). Самиці розмірами 0,4-1,1×0,2-0,9 мм, самці довжиною 1,1-1,5 мм. Цисти з помірно виступаючим вульварним конусом. Колір цист від жовтуватого-коричневого до коричневого. Кутикула цист відносно тонка з дрібними крапками, без шипиків. Довжина вульви (37,6-53,9 мкм) наближено дорівнює вульварному містку. Гіалинова частина хвоста личинок в 1,1 рази перевищує довжину стилету. Основні рослини-живителі: люцерна.....Люцернова нематода – *Heterodera medicaginis* Kirjanova, 1971.

23 (22). Самиці розмірами 0,4-0,9×0,2-0,5 мм, самці довжиною 1,0-1,4 мм. Молоді самиці спочатку білого кольору, згодом блідо-жовтого, а після відмирання темно-коричневі. Цисти із виступаючим вульварним конусом. Довжина вульви (39,6-58,3 мкм) перевищує вульварний місток. Личинки другого віку з коротким заокругленим хвостом. Гіалинова частина хвоста в 1,1-1,2 рази перевищує довжину стилету. Основні рослини-живителі: соя та інші бобові культури.....**Соева нематода – *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952)

24 (26) Цисти лимоноподібної, лимоноподібно-кулястої форми із слабо виступаючим заокругленим вульварним конусом. Булле відсутні.

25. Самиці розмірами 0,4-0,7×0,3-0,5 мм, самці довжиною 1,2 мм. Колір цист від червонувато-коричневого до темно-коричневого.

Довжина вульви (34,7-51,7 мкм) перевищує вульварний місток. Відношення гіалинової частини хвоста личинок до стилету становить –

1,2-1,4. Основні рослини-живителі: капуста, суріпиця, турнепс.....Капустяна – *Heterodera cruciferae* Franklin, 1945.

26 (24). Цисти лимоноподібні, лимоноподібно-видовжені, часто з асиметричним розміщенням головного і вульварного заокругленого конусу. Нижній місток пігментований. Розмноження переважно партеногенетичне. Розвиток самиць відбувається із проміжною жовтою фазою.

27 (28). Самиці розмірами 0,4-0,8×0,2-0,5 мм. Кутикула цист із грубою крапчастістю і переважно асиметричністю конусів. Булле великі, чітко виражені. Щілина вульви (41,6-47,4 мкм) наближено дорівнює чи дещо довша за вульварний місток. Гіалинова частина хвоста личинок в 1,5 рази перевищує довжину стилету. Основні рослини-живителі: різні види конюшини.....Конюшинна нематода – *Heterodera trifolii* Goffart 1932.

28 (27). Самиці розмірами 0,6-0,9×0,4-0,6 мм. Цисти переважно із симетричним розміщенням конусів. Булле темного кольору, скупчені. Довжина вульви (42,4-53,7) перевищує вульварний місток. Гіалинова частина хвоста в 1,3 рази більша довжини стилету. Основні рослини-живителі: жабрій, конюшина червона і біла..... Жабрієва нематода – *Heterodera galeopsidis* Goffart, 1936 [5, 20].

* - шкідливі організми, обмежено поширені; ** - відсутні в Україні.

РОЗДІЛ 5

ТРОФІЧНІ РЕСУРСИ ЦИСТОУТВОРЮЮЧИХ НЕМАТОД

5.1 Потенціал розмноження гетеродерід на культурних рослинах

Визначальним чинником впливу на формування еколого-фауністичного комплексу цистоутворюючих нематод є оптимальні гідротермічні умови та наявність трофічних ресурсів – домінування в агроценозах типових культурних рослин-живителів, а в біоценозах – близькоспорідненої природної рослинності. Трофічну спеціалізацію, поширених в Україні цистоутворюючих нематод, наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Трофічна спеціалізація цистоутворюючих нематод, поширених в Україні

Рослини - живителі	Види нематод
Зернові колосові	Вівсяна, ячмінна, пшенична
Картопля та інші пасльонові	Золотиста картопляна
Буряки та олійні капустяні	Бурякова
Капуста	Капустяна
Конюшина	Конюшинна
Люцерна	Люцернова
Хміль	Хмельова
Природна та бур'янова рослинність	Конюшинна, злакова, струмкова, жабрієва

Згідно наших багаторічних досліджень встановлено, що ступінь накопичення чисельності цистоутворюючих нематоди в основному залежав від вихідної заселеності ґрунту, видового складу рослин-живителів та тривалості перерви між повторним їх вирощуванням [18, 32, 35, 46, 51]. Мінімальна міграційна здатність інвазійних личинок за

седентарного способу кореневого паразитування зумовлює осередкове накопичення популяцій, а обмеженість трофічних ресурсів призводить до ендемічної і екзогеннопопуляційної конкуренції видів. Значна пригніченість рослин за високої допосівної чисельності та задовільні умови росту і розвитку при низькій щільності, були одними із основних чинників опосередкового впливу на потенційну плодючість та потенціал розмноження домінуючих видів гетеродерід (рис. 5.1- 5.5).

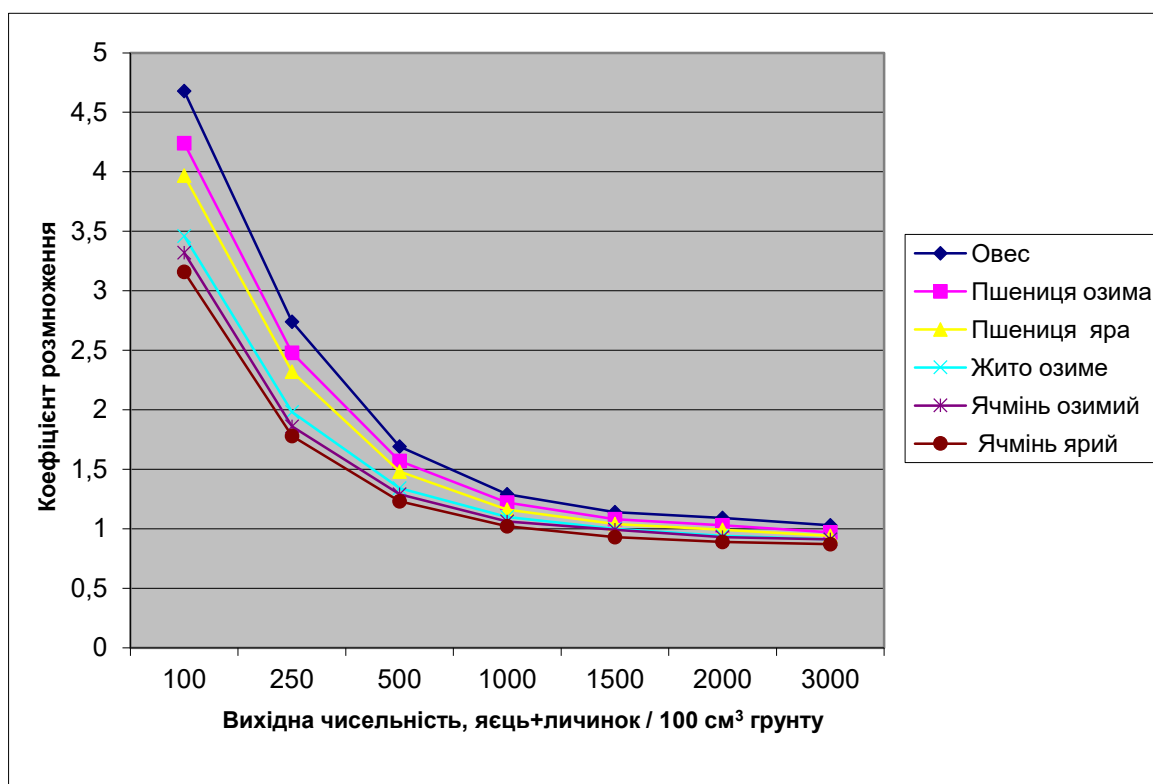


Рис. 5.1. Потенціал розмноження вівсяної нематоди на зернових колосових культурах за різної вихідної щільності популяції (ПОП ім. Войкова Чернігівського р-ну Чернігівської обл., 2004-2011 рр.)

При досягненні максимального потенціалу розмноження накопичення чисельності популяцій цистоутворюючих нематод помітно вповільнювалося (рис. 5.1-5.5). З роками це призводило до відносної стабілізації заселеності ґрунту на певному прогнозованому рівні залежно

від видового складу цистоутворюючих нематод, кола кормових рослин, їх частки в сівоzmінах та тривалості перерви між їх повторним розміщенням.

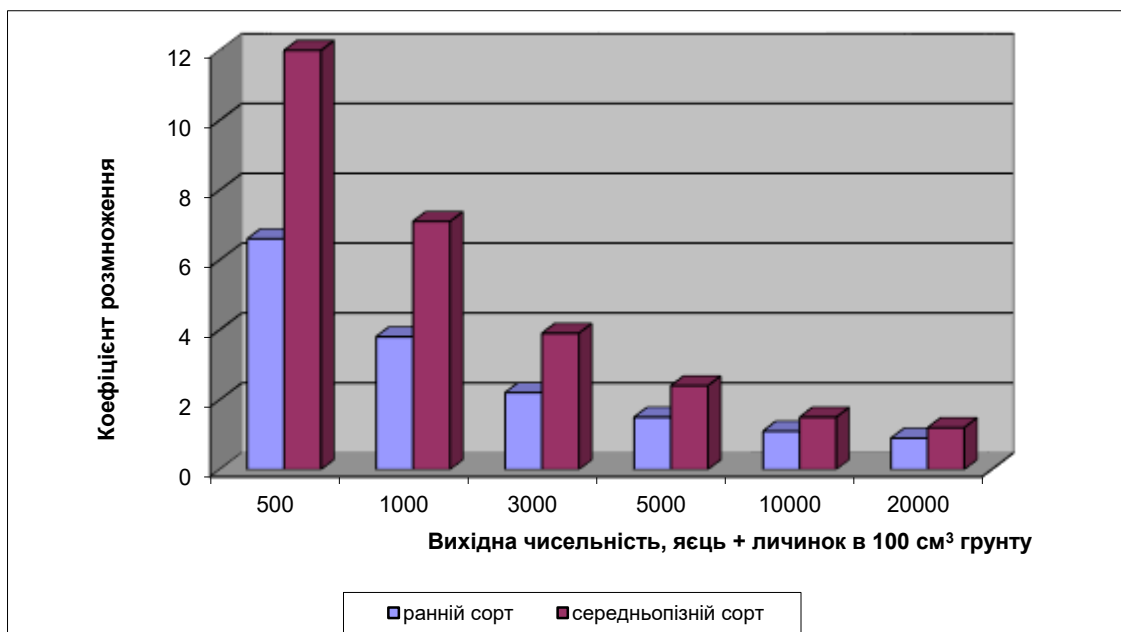


Рис. 5.2. Потенціал розмноження золотистої картопляної нематоди на сприйнятливих різностиглих сортах картоплі (сmt. М-Коцюбинське Чернігівського р-ну Чернігівської обл., 2004-2011 рр.)

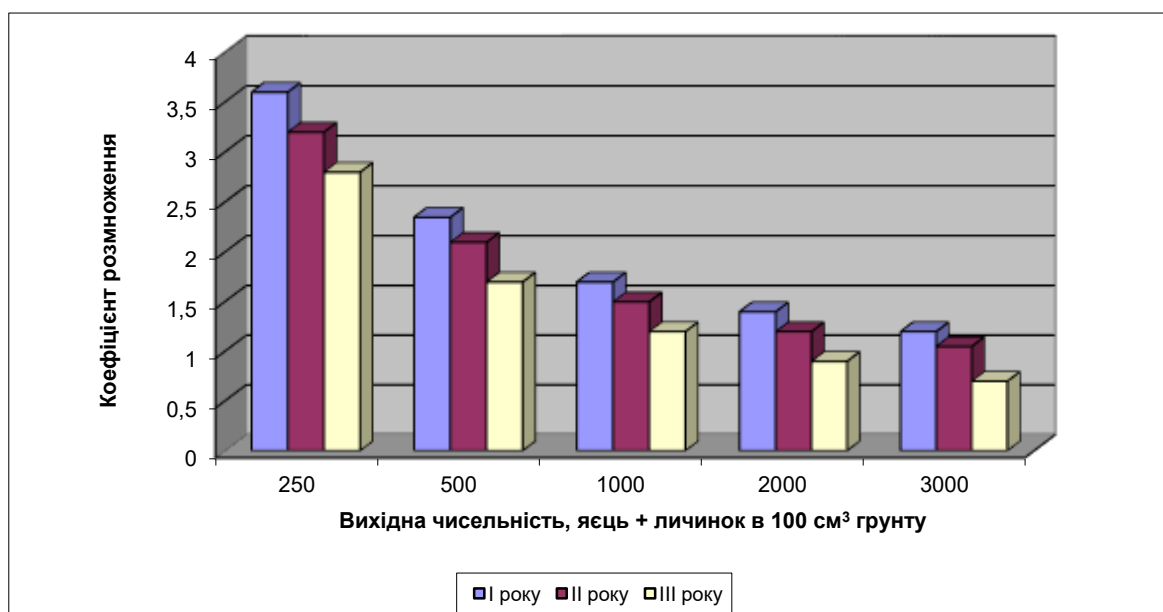


Рис. 5.3. Потенціал розмноження люцернової нематоди на люцерні сорту Полтавчанка (дослідне господарство „Степне” Полтавського інституту агропромислового виробництва, 2001-2004 р.р.)

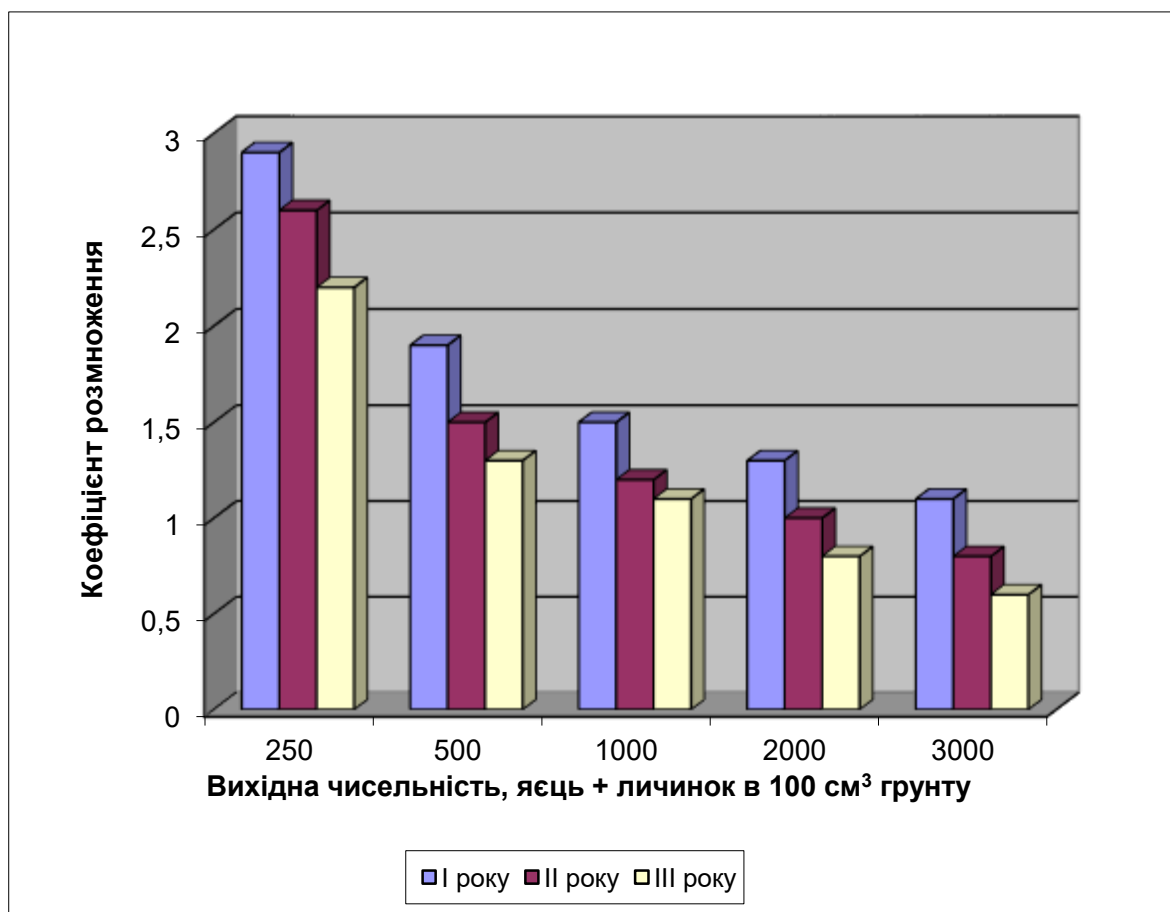


Рис. 5.4. Потенціал розмноження конюшинної нематоди на конюшині лучній сору Носівська (Агрофірма ім. Розумовських Козелецького р-ну Чернігівської обл., 1999-2003 р.р)

За аналогічних вихідних чисельностей потенціал розмноження вівсяної нематоди був вищим на таких зернових колосових, як овес та пшениця, а нижчим на житі та ячменю (див. рис. 5.1), а золотистої картопляної – на середньопізньому сприйнятливому сорті картоплі чим ранньостиглому (див. рис. 5.2).

Оптимізація умов росту та розвитку багаторічних бобових в агроценозах сприяла також вищому ступеню розмноження конюшинної нематоди порівняно з біоценозами. Разом з тим, видова різноманітність та значно багатший флористичний склад травянистої рослинності були визначальними чинниками сталого і стійкого функціонування природних фітоценозів. Проте, навіть в біоценозах значне пригнічення росту та

розвитку рослин седентарними фітопаразитами зумовлювало зниження конкурентноспроможності багаторічних бобових в травосумішках і на луках. Локальне випадіння конюшини з травостою зумовлювало зниження рівня заселеності ґрунту конюшинною нематодою, а відновлення з часом в біоценозах типових для розмноження рослин-живителів, забезпечувало її поступове накопичення. Таким чином, досягався відносний стан рівноваги, але з меншими відхиленнями і значно нижчим ступенем заселеності ґрунту порівняно з культурними фітоценозами [5, 8, 32].

На основі багаторічних досліджень (*Уладово-Люлинецька дослідно-селекційна станція Вінницької обл., 1989-1993; Агрофірма ім. Розумовських Козелецького р-ну Чернігівської обл., 1999-2003 р.р; ТЗОВ „Залісці” Рожищенського р-ну Волинської обл., 2001-2003 рр.; дослідне господарство „Степне” Полтавського інституту агропромислового виробництва, 2001-2004 р.р.; СТОВ „Надія” Бахмацького району Чернігівської обл., 2004-2008 рр.; ПОП ім. Войкова Чернігівського р-ну Чернігівської обл., 2004-2011 рр.*) нами розроблено регресійні рівняння залежності післязбиральної чисельності цистоутворюючих нематод від вихідної при вирощуванні основних рослин-живителів (табл. 5.2). Внесення корегувань на вплив модифікаційних факторів дало змогу істотно підвищити достовірність прогностичних моделей.

Таблиця 5.2

**Регресійні рівняння залежності післязбиральної чисельності
цистоутворюючих нематод від вихідної при вирощуванні рослин-
живителів**

Культура	Рівняння регресії	R ²
<i>Вівсяна нематода</i>		
Овес	$Y=0,918(X)+337$	0,923
Пшениця озима	$Y=0,796(X)+341$	0,972
Пшениця яра	$Y=0,839(X)+284$	0,961
Жито озиме	$Y=0,874(X)+266$	0,986
Ячмінь озимий	$Y=0,842(X)+253$	0,939
Ячмінь ярий	$Y=0,773(X)+239$	0,978
<i>Золотиста картопляна нематода</i>		
Картопля середньопізня (сприйнятливий сорт)	$Y=0,842(X)+6250,106$	0,981
Картопля середньостигла (сприйнятливий)	$Y=0,827(X)+5437,472$	0,943
Картопля середньорання (сприйнятливий)	$Y=0,904(X)+4386,328$	0,962
Картопля рання (сприйнятливий)	$Y=0,926(X)+2843,761$	0,927
<i>Конюшинна нематода</i>		
Конюшина I року	$Y=1,124(X)+442,433$	0,953
Конюшина II року	$Y=0,787 (X)+476,271$	0,902
Конюшина III року	$Y=0,684(X)+348,162$	0,934
<i>Люцернова нематода</i>		
Люцерна I року	$Y=0,994(X)+629,754$	0,938
Люцерна II року	$Y=0,969 (X)+582,637$	0,984
Люцерна III року	$Y=0,681(X)+547,656$	0,979

Інтенсивність виплодження личинок із цист та заселення ними коренів рослин-живителів істотно залежала також від умов тепло-вологозабезпечення ґрунту (табл. 5.3). Посушливо-суховійні явища (ГТК-0,4-0,6), а також надмірне зволоження впродовж тривалого періоду

(ГТК-1,7-2,2) зумовлювало пригнічення рослин та опосередково впливали на онтогенез седентарних фітопаразитів.

Таблиця 5.3

**Вплив гідротермічних умов вегетаційного періоду на інтенсивність
розмноження цистоутворюючих нематод**

Гідротермічний коефіцієнт в різні періоди вегетації культур		Скорегований коефіцієнт
IV-VI місяці	VII-X місяці	
0,4-0,9	0,4-0,9	0,5-0,7
	1,0-1,6	0,8-0,9
	1,7-2,2	0,9-0,7
1,0-1,6	0,4-0,9	0,7-0,9
	1,0-1,6	1,0-1,2
	1,7-2,2	1,1-0,9
1,7-2,2	0,4-0,9	0,8-1,0
	1,0-1,6	1,1-1,3
	1,7-2,2	1,2-1,0

Тепла волога погода в першій половині вегетації сприяла пролонгації періоду заселення коренів, а повітряно-грунтові посухи різко уповільнювали вихід личинок із цист. Масове накопичення щільності популяцій відбувалося за надмірного чи оптимального вологозабезпечення весною та сприятливих для росту і розвитку рослин-живителів гідротермічних умов (ГТК-1,0-1,6) у другій половині вегетації культур. При відхиленні від цих показників, інтенсивність розмноження цистоутворюючих нематод уповільнювалася, особливо за тривалих повітряних і ґрунтових посух. За надмірного зволоження весняного чи

літньо-осіннього періодів спостерігалася тенденція до вищої ураженості цист мікологічними організмами.

Таким чином: стале функціонування природних ценозів обумовлено відносно постійною видовою різноманітністю та значно багатшим флористичним складом трав'янистої рослинності;

– оптимізація умов росту та розвитку рослин в культурних фітоценозах забезпечувала вищий потенціал розмноження цистоутворюючих нематод порівняно з біоценозами;

– мінімальна міграційна спроможність за седентарного способу паразитування цистоутворюючих нематод зумовлювала осередкове накопичення популяцій.

5.2 Природна і сегетальна рослинність в трофічному ланцюгу нематод

Зниження загальної культури землеробства в останні два десятиліття призвело до значного збільшення забур'яненості сільськогосподарських посівів. Крім прямого негативного впливу на продуктивність культур, бур'яни є своєрідними трофічними ланками виживання цистоутворюючих нематод навіть за тривалого, багаторічного вилучення із сівозмін культурних рослин-живителів. Однак, дослідженню видового складу бур'янів-живителів на динаміку заселеності ґрунту седентарними фітопаразитами за сучасних систем обробітку ґрунту в останні роки належної уваги не приділялося.

Проведені нами маршрутні обстеження сільськогосподарських угідь, в період масового з'явлення самиць, дало змогу встановити основні трофічні ланки виживання домінуючих шкідливих видів за відсутності культурних рослин-живителів [33].

Загальна кількість вегетуючих бур'янів у посівах зернових колосових культур, залежно від ланки сівозміни і року досліджень, складала від 37 до 124 екз./м². Особливо значною була засміченість озимої

пшениці по кукурудзі і багаторічних травах дво-трирічного використання. В середньому пшениця була менше забур'янена на 20-30% після гороху. Завдяки густому травостою однорічних трав вони були найменше засмічені різними видами бур'янів. Тому, вирощування культур суцільної сівби може бути одним із заходів ефективного контролювання бур'янів. Однак, в сучасних умовах останні дві культури зазнали радикального зменшення посівних площ, що ускладнило вибір оптимальних попередників не тільки для зернових колосових, але і для ряду інших культур.

Широке застосування в останні роки безполцевого обробітку ґрунту також вплинуло на загальний рівень забур'яненості агроценозів. Порівняно з оранкою кількість бур'янів, залежно від року досліджень, коливалася у значних межах, але переважно була вищою на 8-27%.

Різний ступінь заселеності самицями споріднених видів бур'янів, відібраних у різних агроценозах із аналогічною вихідною щільністю популяцій, дає змогу зробити припущення, що рівень їх інвазованості залежав також від давності існування осередків цистоутворюючих нематод. Чим раніше вони утворилися – тим вища адаптованість фітопаразитів до рослин-живителів, у тому числі і бур'янів. Разом з тим, слід відзначити, що потенціал розмноження вівсяної нематоди на бур'янах був істотно нижчим, порівняно з зерновими колосовими культурами (табл. 5.4). Тому, сегетальну рослинність першочергово слід розглядати як джерело виживання гетеродерід у проміжках між повторним вирощуванням культурних рослин-живителів, навіть за їх вилучення на тривалий термін із агробіоценозів [8].

При поверненні в сівозміни культурних рослин-живителів відбувається процес поступового відновлення і накопичення їх популяцій. Тому, зняття карантинних обмежень з певних територій має здійснюватися лише за умови обов'язкового нематологічного біотестування ґрунту для підтвердження відсутності, навіть дуже низької вихідної заселеності

грунту, зокрема золотистою картопляною нематодою. Для даного виду основними резерватами виживання є паслін чорний та рідше блекота чорна, інвазованість яких діагностували в поодиноких випадках.

Таблиця 5.4

**Рівень заселеності злакових бур'янів вівсяною нематодою
(ТОВ „Співдружність” Чернігівського р-ну Чернігівської обл.,
1999-2003 р.р.)**

Бур'яни	Проана- лізовано рослин, шт.	Заселено рослин		Кількість, самиць/ рослину	Середня чисель- ність, яєць/цисту
		шт.	%		
Бромус житній	50	2	4	1-2	-
Бромус польовий	50	1	2	2	29
Вівсюг звичайний	50	8	16	1-12	136
Метлюг звичайний	50	3	6	1-3	87
Пальчатка кровоспиняюча	50	0	0	-	-
Пирій повзучий	50	6	12	1-14	118
Плоскуха звичайна	50	1	2	1	46
Тонконіг однорічний	50	4	8	2-5	73
Мишій зелений	50	0	0	-	-
Мишій сизий	50	1	2	1	-

Конюшинна нематода зустрічається в різних біотопах і ймовірно саме з них поширилася в культурні фітоценози. Головними рослинами-живителями є конюшина лучна, конюшинна повзуча, конюшина гібридна. Останні два види є дуже поширеними в природних травостоях. Тому, навіть за повного вилучення конюшини із сівозмін, рослинність багаторічних бобових трав природних угідь залишатиметься резерватом

виживання конюшинної нематоди. Вищий потенціал розмноження цього виду в агроценозах залежав від кращої забезпеченості культурних рослин елементами живлення.

Маршрутними обстеженнями польових, а також кормових сівозмін не виявлено потенційних бур'янів-живителів люцернової нематоди. Разом з тим не виключаємо її ймовірного розмноження на дикорослих видах люцерни у природних фітоценозах.

Жабрієву, струмкову, злакову нематод виявляли в основному в біоценозах, проте інколи дані види зустрічалися і в агроценозах, здебільшого на полях, розміщених поряд з природними угіддями.

Одним із заходів комплексного вирішення проблеми контролювання цистоутворюючих нематод та небажаної рослинності є оптимізація чергування культур в сучасних сівозмінах та широке використання проміжних культур.

Встановлено, що олійні капустині культури пригнічували ріст і розвиток малорічних і багаторічних бур'янів у тому числі пирію повзучого, резервату вівсяної нематоди, на 45,8-59,6%,. Дворазові посіви, особливо редьки олійної на зелений корм і зелене добриво, забезпечили зниження щільності злакових бур'янів-резерватів в межах 72,4-84,6% [14].

Отже, незважаючи на потенційно низький потенціал розмноження гетеродерід на сегетальній рослинності, бур'яни є резерватами виживання та підтримання сталого видового складу цистоутворюючих нематод, навіть за багаторічної перерви між повторним вирощуванням сільськогосподарських культур.

Раціональне насичення сучасних короткоротаційних сівозмін, проміжними культурами дає змогу зменшити рівень забур'яненості посівів та підвищити в цілому їх протинематодну ефективність (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

**Вплив олійних капустияних культур на забур'яненість посівів
резерватами вівсяної нематоди (ТОВ „Співдружність
Чернігівського р-ну Чернігівської обл., 1999-2003 рр.)**

Варіант	Кількість злакових бур'янів перед збиранням урожаю*, шт./м ²		
	I	II	III
Контроль (озима пшениця, без сівби проміжних культур)	37,6	51,3	62,4
Озима пшениця + олійна редька з/к	38,1	21,8	-
Озима пшениця + ярий ріпак з/к	38,4	23,9	-
Озима пшениця + гірчиця з/к	36,9	27,8	-
Олійна редька + олійна редька з/к	23,7	14,3	-
Озима пшениця + олійна редька з/к + олійна редька з/д	37,2	20,6	12,7
Озиме жито + олійна редька з/к + олійна редька з/д	32,5	17,1	9,6

* I – перед збиранням урожаю основної культури

* II, III – перед збиранням урожаю проміжних культур

з/к – на зелений корм; з/д – на зелене добриво

5.3 Сезонна та багаторічна зміна чисельності цистоутворюючих нематод в агробіоценозах

Науково обґрунтовані сівозміни є дієвим заходом контролювання щільності популяцій цистоутворюючих нематод. Встановлено, що першочергово від насиченості сівозмін певними спорідненими культурами і тривалості перерви між повторним їх вирощуванням на одному місці, залежав рівень заселеності ґрунту гетеродерідами.

Проведені нами багаторічні дослідження дали змогу оцінити переваги і недоліки сучасних сівозмін і запропонувати ряд заходів щодо підвищення їх протинематодної ефективності.

Квантільний аналіз структури вихідної і післязбиральної щільностей популяцій золотистої картопляної та вівсяної нематод дав змогу встановити наступну залежність: інтенсивність виплоджування личинок із цист уповільнюється зі зниженням рівня заселеності ґрунту (рис. 5.5; 5.6).

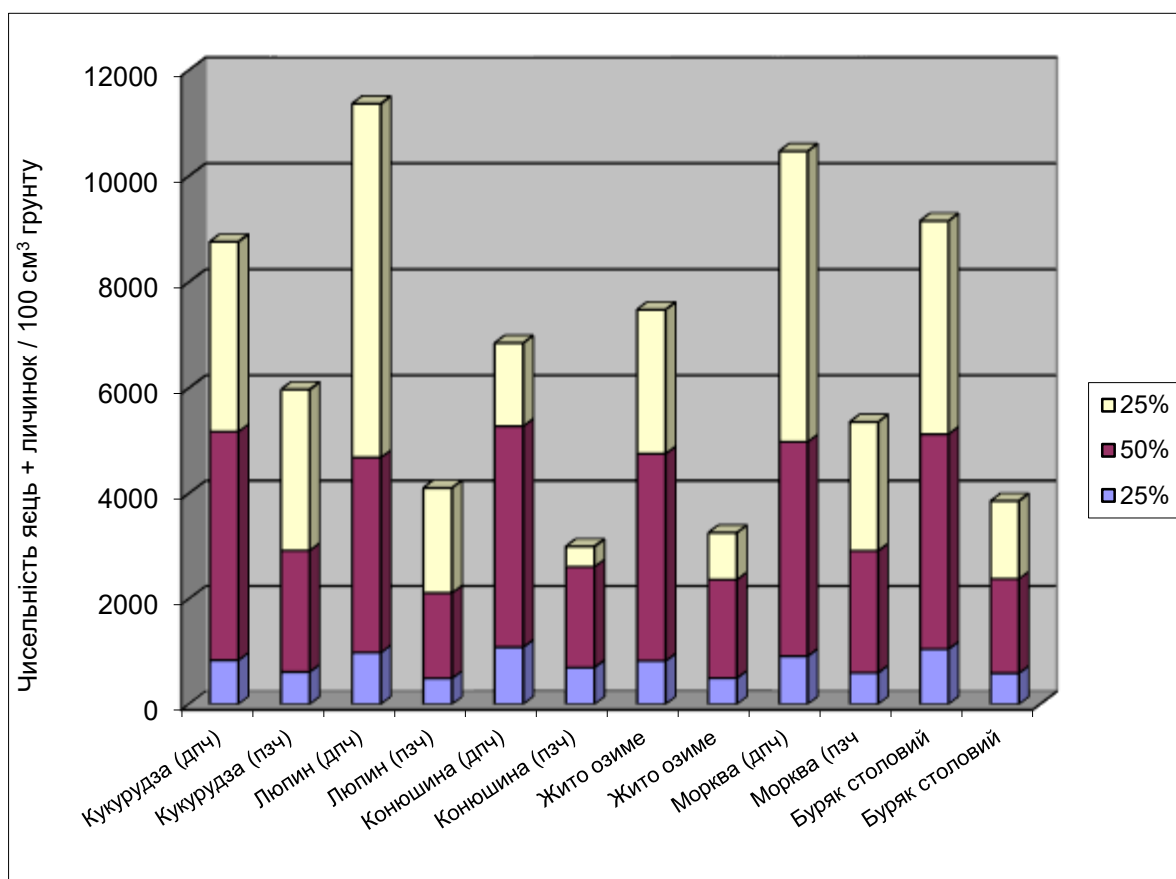


Рис. 5.5. Закономірності зміни низького, середнього та високого рівня заселеності ґрунту золотистою картопляною нематодою при вирощуванні несприйнятливих для розмноження культур (сmt. М-Коцюбинське Чернігівського р-ну Чернігівської обл., 2004-2011 рр.)

За таких умов досягнення повного біологічного очищення ґрунту від гетеродерід є досить проблематичним, навіть за вилучення із сівозмін рослин-живителів. Вирощування впродовж одного вегетаційного періоду

несприйнятливих для розмноження культур не забезпечує зниження до економічно-невідчутного рівня не лише високих, але навіть і середніх щільностей популяцій цистоутворюючих нематод. Це вказує на доцільність оптимального поєднання культур як в окремих ланках, так і в сівозмінах для запобігання масового накопичення нематод.

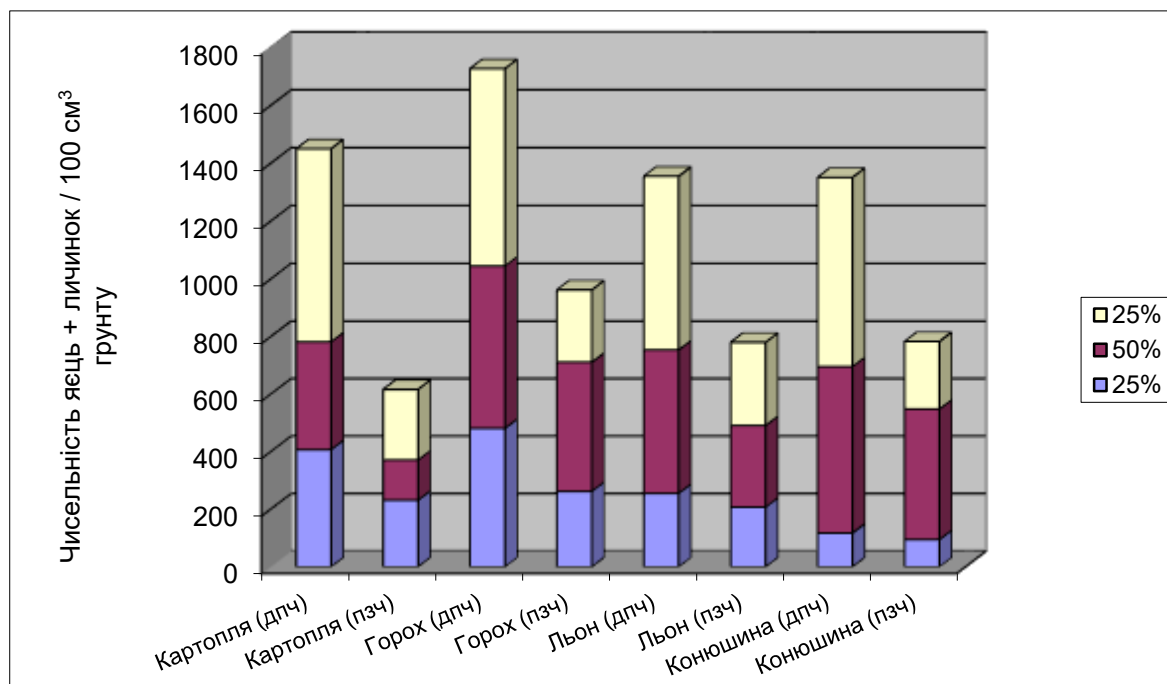


Рис. 5.6. Закономірності зміни низького, середнього та високого рівня заселеності ґрунту вівсяною нематодою при вирощуванні несприйнятливих для розмноження культур (ТЗОВ „Залісці” Рожищенського р-ну Волинської обл., 2001-2003 р.р.)

Регресійні рівняння залежності післязбиральної чисельності від допосівної заселеності ґрунту за вирощування несприйнятливих для розмноження культур наведено в таблиці 5.6. Високі коефіцієнти детермінації засвідчують їх домінуючий вплив, а розроблені оптимальні рівняння регресії дають змогу прогнозувати зміну щільності їх популяцій залежно від вихідної. Проведена виробнича перевірка підтвердила високу адекватність розроблених рівнянь регресії та доцільність їх практичного використання для протинематодної оцінки ефективності сучасних сівозмін.

Досліди із визначення залежності післязбиральної чисельності гетеродерід від вихідної при вирощуванні різних культур проводили в таких господарствах: Уладово-Люлинецька дослідно-селекційна станція Вінницької обл., 1989-1993; СТОВ Молчанське Путивльського р-ну Сумської обл., 1995-2002 р.р; Агрофірма ім. Розумовських Козелецького р-ну Чернігівської обл., 1999-2003 рр; ТЗОВ „Залісці” Рожищенського р-ну Волинської обл., 2001-2003 рр.; дослідне господарство „Степне” Полтавського інституту агропромислового виробництва, 2001-2004 рр.; СТОВ „Надія” Бахмацького району Чернігівської обл., 2002-2008 рр.; ПОП ім. Войкова Чернігівського р-ну Чернігівської обл., 2004-2020 рр.

Таблиця 5.6

**Регресійні рівняння залежності післязбиральної чисельності
цистоутворюючих нематод від вихідної при вирощуванні різних
несприйнятливих культур**

<i>Культура</i>	<i>Рівняння регресії</i>	<i>R²</i>
<i>Вівсяна нематода</i>		
Люцерна	$Y=0,341(X)+38,136$	0,917
Горох	$Y=0,559(X)+27,410$	0,976
Картопля	$Y=0,354(X)+56,483$	0,948
Буряк	$Y=0,468(X)+23,625$	0,921
Конюшина	$Y=0,349(X)+28,788$	0,818
Еспарцет	$Y=0,482(X)+34,128$	0,937
Соя	$Y=0,521(X)+67,346$	0,884
Люпин	$Y=0,472(X)+30,689$	0,972
Редька на з/к і сидерат	$Y=0,581(X)+34,902$	0,975
Соняшник	$Y=0,418(X)+65,388$	0,954
Озимі проміжні + кукурудза на силос	$Y=0,447(X)+29,412$	0,962
Люпин	$Y=0,483(X)+35,428$	0,968
Льон	$Y=0,597(X)+18,975$	0,977
Гречка	$Y=0,643(X)+31,583$	0,951

Золотиста картопляна нематода

Люпин	$Y=0,465(X)+62,562$	0,963
Конюшина	$Y=0,401(X)+90,352$	0,913
Цибуля	$Y=0,574(X)+152,463$	0,918
Кукурудза	$Y=0,556(X)+113,611$	0,982
Вико-овес	$Y=0,591(X)+0,588$	0,986
Пшениця озима	$Y=0,492(X)+14,774$	0,954
Буряк кормовий	$Y=0,586(X)+69,572$	0,979
Морква	$Y=0,463(X)+32,057$	0,948
Огірки	$Y=0,528(X)+187,654$	0,937
Горох	$Y=0,487(X)+43,248$	0,852
Льон	$Y=0,659(X)+22,830$	0,968
Ячмінь ярий	$Y=0,541(X)+54,597$	0,974

Конюшинна нематода

Пшениця яра	$Y=0,512(X)+36,714$	0,927
Жито озиме	$Y=0,479(X)+27,826$	0,941
Озимі + післяжнивні	$Y=0,437(X)+19,753$	0,893
Гірчиця (проміжна)	$Y=0,624(X)+8,176$	0,936
Ячмінь з підсівом конюшини	$Y=0,764(X)+128,467$	0,982
Вико – овес	$Y=0,803(X)+0,379$	0,904
Горох	$Y=0,469(X)+61,154$	0,943
Буряки	$Y=0,519(X)+28,712$	0,929
Кукурудза з/к	$Y=0,607(X)+27,168$	0,861
Пшениця озима	$Y=0,537(X)+14,268$	0,918
Люпин	$Y=0,489(X)+32,179$	0,956
Жито озиме	$Y=0,512(X)+9,781$	0,932
Картопля	$Y=0,461(X)+42,384$	0,911
Овочеві	$Y=0,523(X)+16,332$	0,978

Люцернова нематода

Ячмінь з підсівом люцерни	$Y=0,718(X)+133,06$	0,974
Буряк цукровий	$Y=0,492(X)+42,263$	0,927
Кукурудза зерно	$Y=0,631(X)+34,527$	0,953
Пшениця озима	$Y=0,544(X)+7,816$	0,986
Еспарцет	$Y=0,571(X)+16,734$	0,942
Соя	$Y=0,483(X)+21,482$	0,918

Встановлено, що в п'ятипільній сівоzmіні, трирічної перерви достатньо для зниження до порогового рівня всіх вихідних чисельностей вівсяної нематоди до 1000 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту (рис. 5.7). Проте, після дворічного вирощування зернових колосових відбулося закономірне відновлення чисельності популяції вівсяної нематоди до 650 - 740 яєць і личинок. Тому, для підвищення протинематодної ефективності даної сівоzmіни, жито озиме краще розміщувати після картоплі, а овес з однорічною перервою після льону. Завдяки оптимізації ротаційного розміщення культур вдалося запобігти масовому накопиченню популяції вівсяної нематоди. Отже, визначальними чинниками впливу на рівень заселеності агроценозів цистоутворюючими нематодами є не лише частка рослин-живителів в структурі посівих площ, а і оптимальне чергування сприйнятливих і несприйнятливих культур в ланках сівоzmіни.

За необхідності збільшення валових зборів фуражного зерна, доцільніше замість вівса вирощувати витриваліші до вівсяної нематоди колосові культури – ячмінь, жито або тритикале [8, 32].

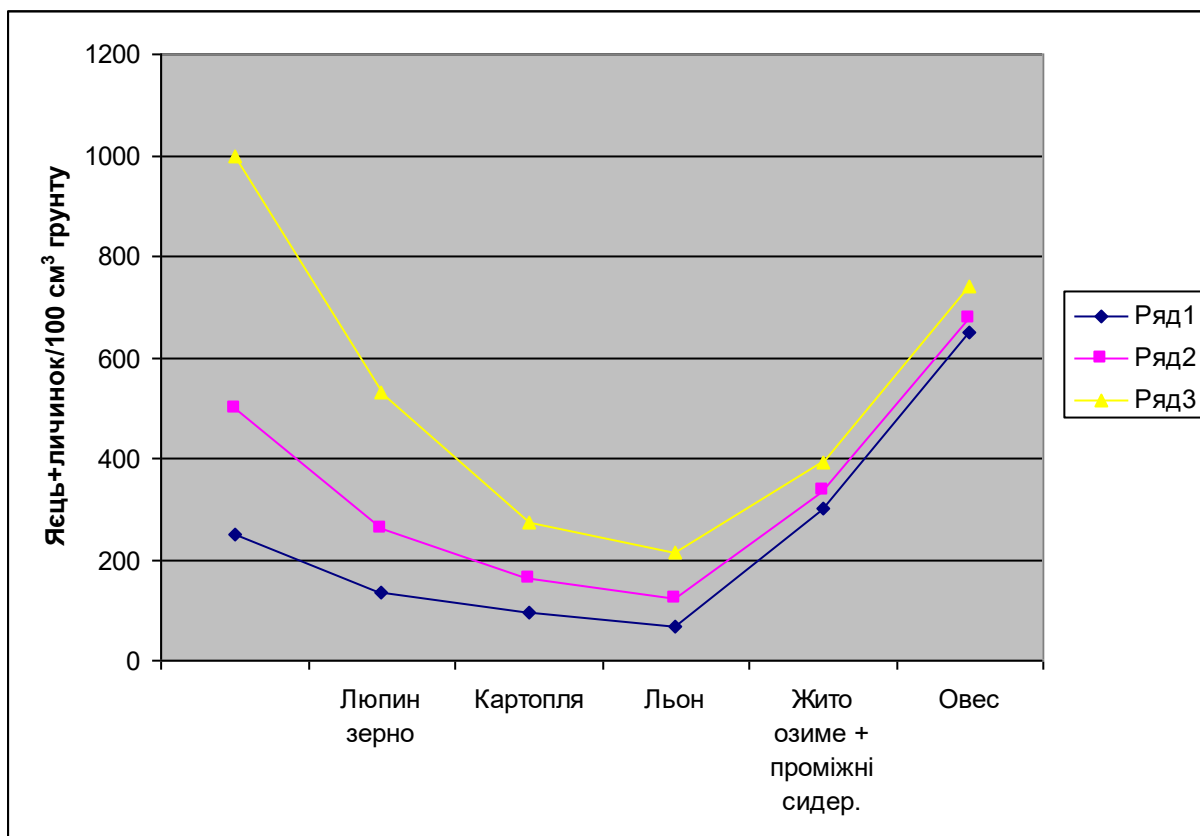


Рис. 5.7. Зміна чисельності вівсяної нематоди в п'ятирічній сівозміні за 40% насичення зерновими колосовими культурами (ПОП ім. Войкова Чернігівського р-ну Чернігівської обл., 2004-2008 рр.)

Дворічне вирощування несприйнятливих культур (люпини та картоплі) в початковій ланці забезпечує зниження доротаційних 250-1000 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту чисельностей до 90-310 яєць і личинок (рис. 5.8). Однак, розміщення колосових протягом трьох років на одному місці, зумовлює масове накопичення вівсяної нематоди. В результаті, втрати урожаю озимих зернових у повторних посівах сягають від 7 до 12 %, а післяротаційна заселеність залишається в межах 740-865 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту.

Для підвищення протинематодної ефективності даної сівозміни, доцільніше після картоплі вирощувати жито озиме, а овес розміщувати в останньому полі сівозміни. Також не варто висівати як пожнивну проміжну культуру – овес на зелений корм в сумішках з люпином. При запізненні зі строками збирання чи тривалого використання посівів

однорічних трав в якості зеленого конвеєра надходження кормів, існує ризик завершення повного циклу розвитку вівсяної нематоди.

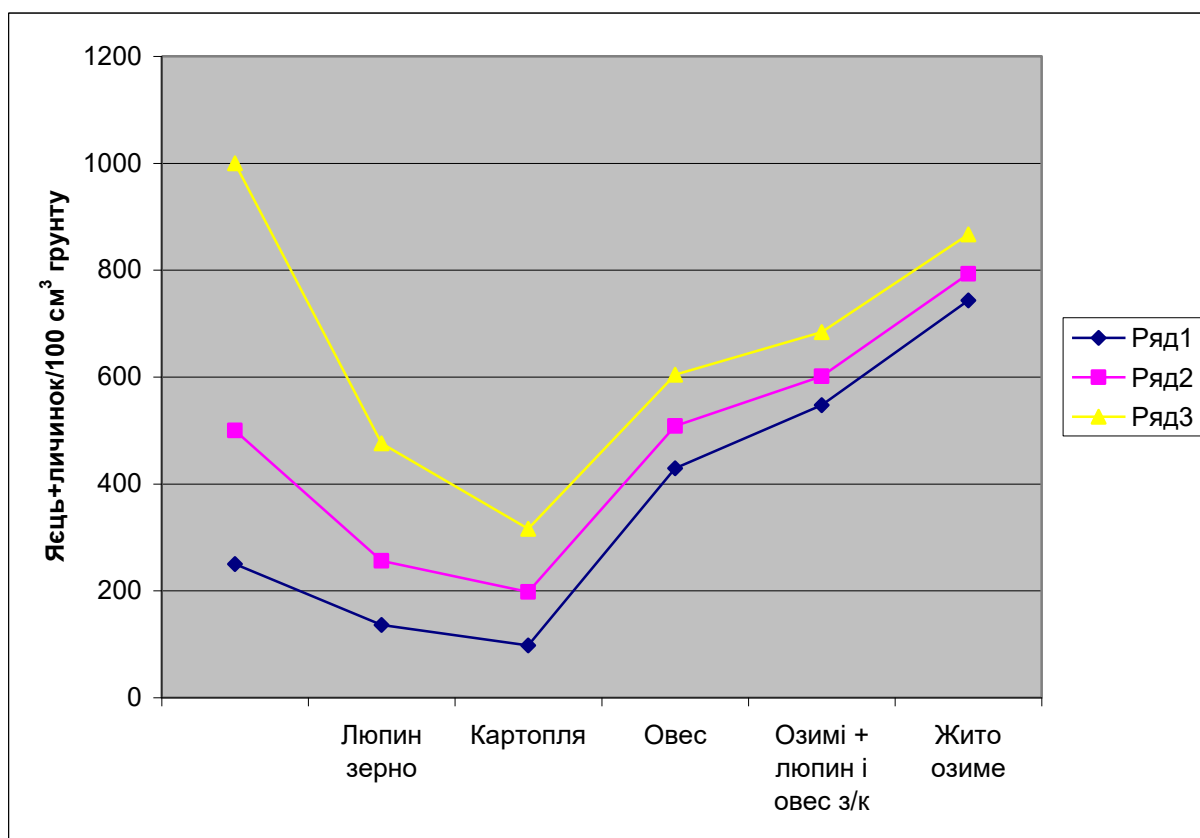


Рис. 5.8. Зміна чисельності вівсяної нематоди в п'ятипільній польовій сівозміні за 60% насичення зерновими колосовими культурами (ПОП ім. Войкова Чернігівського р-ну Чернігівської обл., 2006-2010 рр.)

Таким чином, в п'ятипільній сівозміні допустимо розміщення не більше двох полів зернових колосових за умови їх оптимального чергування та додаткового вирощування в коротшій ланці із зерновими, проміжних капустианих культур на зелене добриво.

Доведено, що вирощування зернових колосових в повторних посівах призводить до накопичення чисельності вівсяної нематоди та зниження їх продуктивності (рис. 5.9).

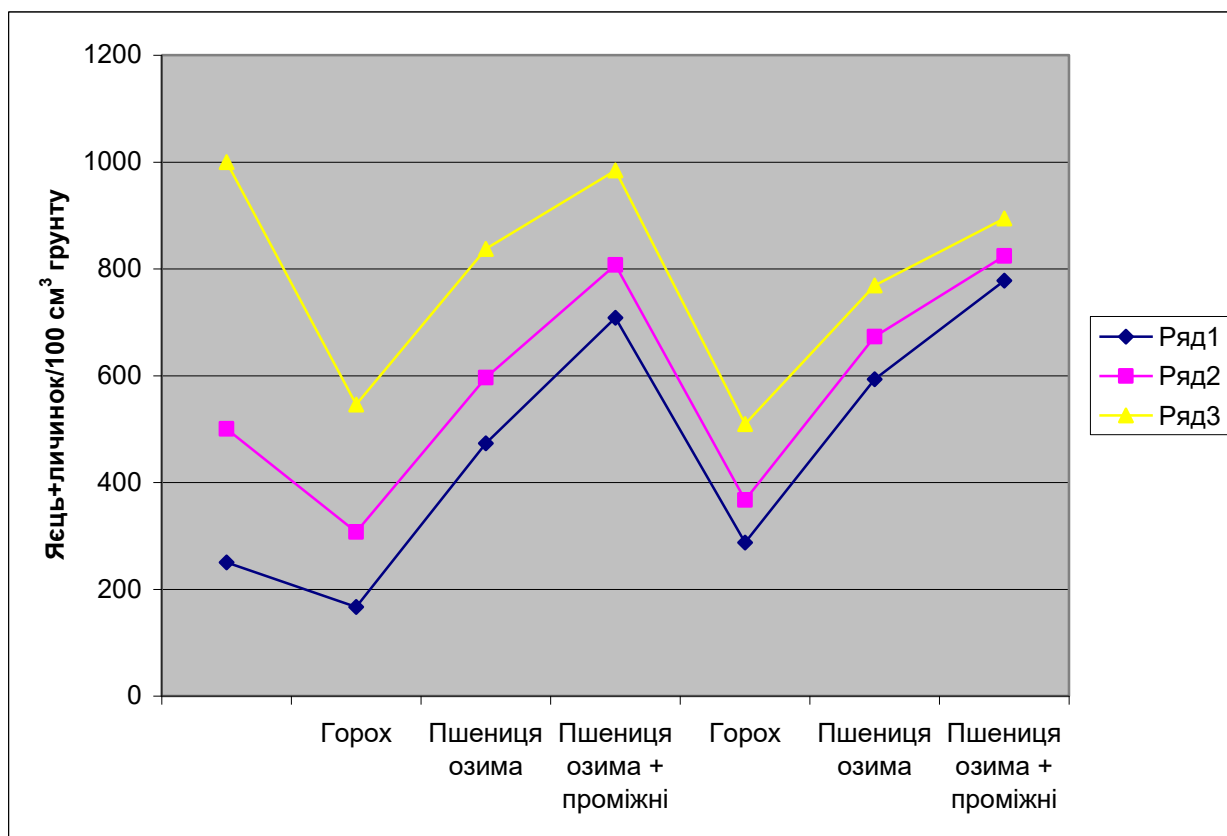


Рис. 5.9. Зміна чисельності вівсяної нематоди в трипільній сівозміні за 67% насичення зерновими колосовими впродовж дворазової ротації культур (ПОП ім. Войкова Чернігівського р-ну Чернігівської обл., 2004-2009 рр.)

Потенційні втрати врожаю пшениці озимої у першому полі становлять 3 - 11%, а ще відчутніші від 7 до 20% в другому полі при сівбі по стерньовому колосовому попереднику. Для підвищення протинематодної ефективності, необхідно в трипільних сівозмінах з короткою ротацією зернові колосові розміщувати лише в одному полі, поєднуючи їх вирощування із зернобобовими та іншими несприйнятливими до розмноження культурами.

Тривалість перерви між повторним вирощуванням пасльонових культур була також одним із основних чинників запобігання масового накопичення золотистої картопляної нематоди. Встановлено, що після вилучення із сівозміни картоплі біологічне очищення ґрунту золотистою

картопляною нематодою відбувається протягом багатьох років. Так, при вирощуванні несприйнятливих до розмноження культур, зниження до порогових значень дуже високих вихідних чисельностей: 50000 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту досягалося після дев'яти, 40000 - восьми, а 30000 - семи років. Істотне зменшення заселеності ґрунту (57-86%) забезпечувало розміщення в сильно заселених осередках глободерозу стійких сортів, однак це зумовлювало зниження урожайності бульб, особливо в перші роки вирощування картоплі.

Біологічне очищення ґрунту до економічно-невідчутного рівня доротаційної чисельності 20000 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту відбувалося за шість років, а 10000 – п'ять років.

Чотирирічної перерви було достатньо для зниження всіх вихідних чисельностей золотистої картопляної нематоди до 5000, трирічної – 2500 і дворічної – 1000 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту (рис. 5.10).

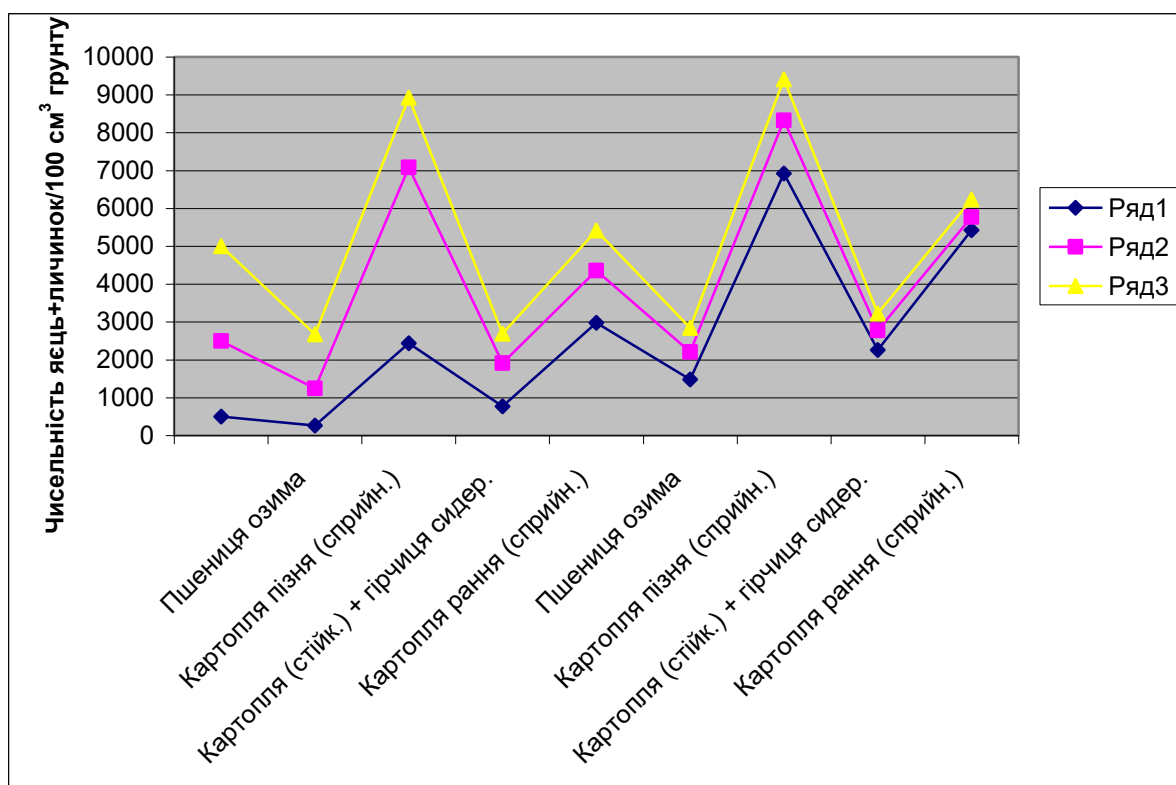


Рис. 5.10. Зміна чисельності золотистої картопляної нематоди за 75% насичення картоплею (Карантинний стаціонар, УкрНДСКР Чернівецької обл., 2002-2009 р.р.)

За 75% насичення різними за стійкістю і скоростиглістю сортами картоплі щільність популяції золотистої картопляної нематоди зазнавала значних коливань. Максимальне накопичення чисельності популяції досягалося при вирощуванні середньопізніх сортів, порівняно з ранніми, різке зменшення щільності – після стійких сортів картоплі. Значна пригніченість рослин за високої вихідної чисельності і задовільні умови росту і розвитку при низькій щільності, були одними із основних чинників опосередкового впливу на ступінь розмноження седентарних фітопаразитів [9].

Відмічено тенденцію до поступової стабілізації заселеності ґрунту на високому рівні, навіть після двох ротацій у межах 5420-6240 яєць і личинок.

До відчутно більшого накопичення щільності популяції зумовлювало повторне вирощування сприйнятливих сортів картоплі з однорічною перервою (рис. 5.11). Заселеність ґрунту після першої ротації культур була в межах від 5340 до 11930 яєць і личинок, а після дворічної – досягала 12280-15520 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту.

Отже, вирощування сприйнятливих сортів картоплі з мінімальними одно-дворічними перервами не забезпечує ефективного контролювання чисельності популяції золотистої картопляної нематоди.

Почергове вирощування сприйнятливого та стійкого сортів в монокультурі картоплі зумовлює різкі відхилення чисельності популяції, однак обмежує та уповільнює накопичення золотистої картопляної нематоди (рис. 5.12). В результаті, заселеність ґрунту, навіть в агроценозах з часом набуває стану рівноваги і стабілізації на рівні 3920-5570 і 680-1310 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту після вирощування відповідно сприйнятливих та стійких сортів.

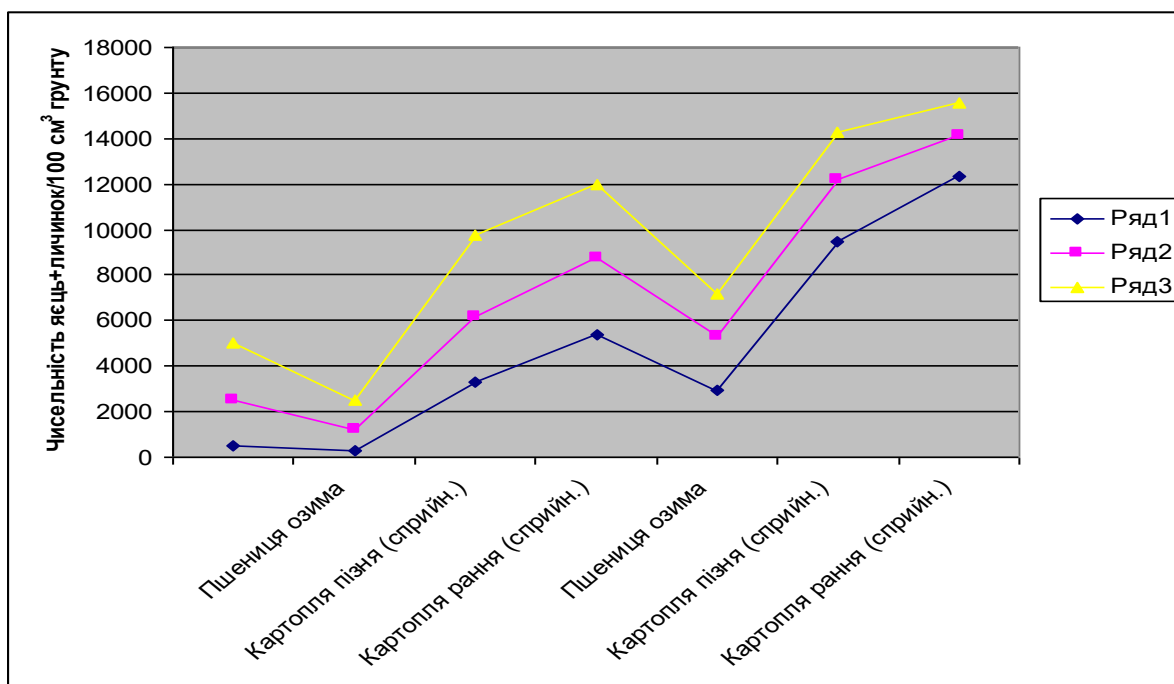


Рис. 5.11. Зміна чисельності золотистої картопляної нематоди за 67% насичення картоплею (Карантинний стаціонар, УкрНДСКР Чернівецької обл., 2004-2009 рр)

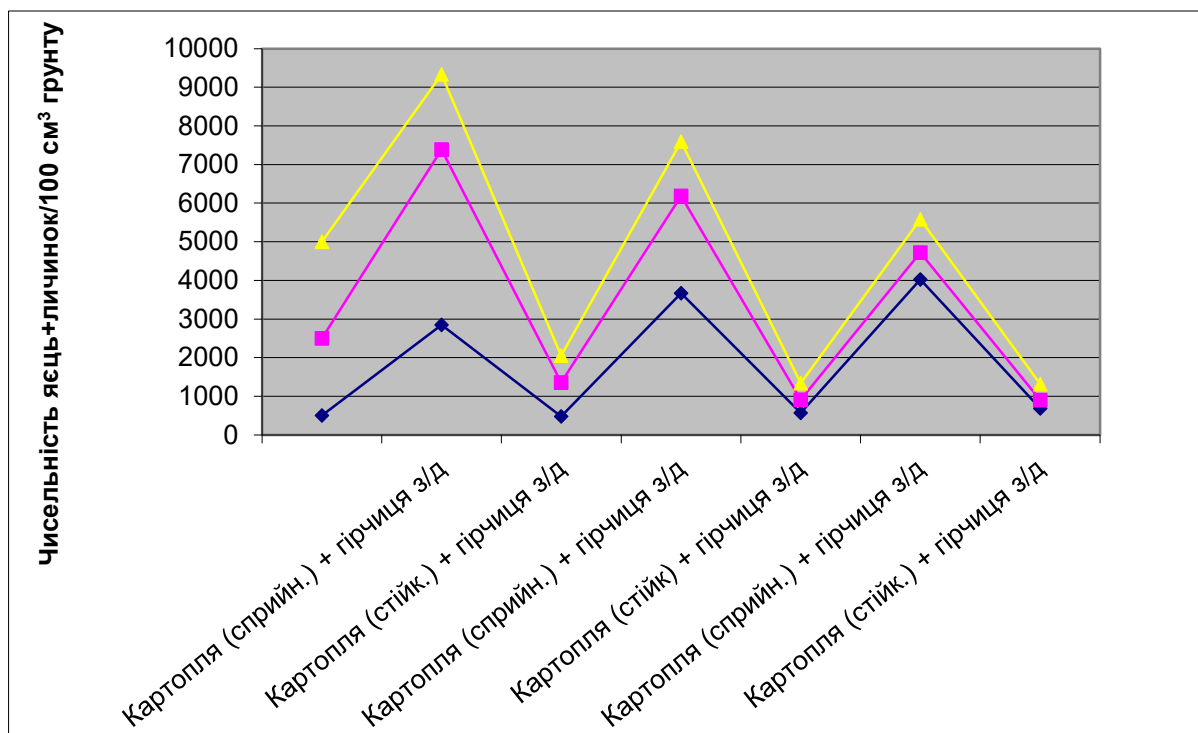
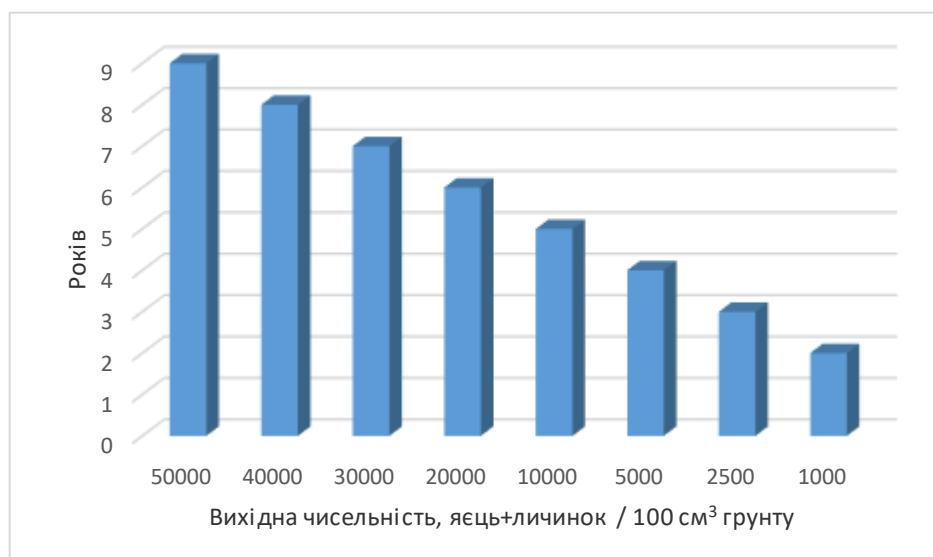
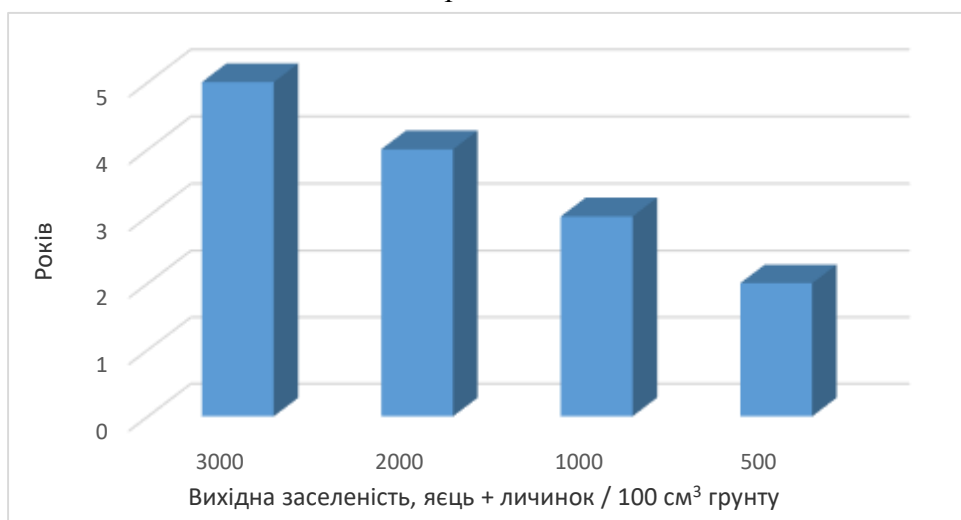


Рис. 5.12. Зміна чисельності золотистої картопляної нематоди при вирощуванні різних за стійкістю сортів картоплі в монокультурі (Карантинний стаціонар, УкрНДСКР Чернівецької обл., 2004-2009 р.р.)

Таким чином, залежно від вихідної заселеності ґрунту та тривалості вирощування несприйнятливих до розмноження культур, зниження до економічно-невідчутного рівня ≥ 50000 яєць і личинок золотистої картопляної нематоди досягалося через 9 років; 40000 – 8; 30000 – 7; 20000 – 6; 10000 – 5; 5000 – 4; 2500 – 3; 1000 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту – 2 роки (рис. 5.13).



Золотиста картопляна нематода



Вівсяна, люцернова, конюшинна нематоди

Рис. 5.13. Орієнтовні нормативні терміни повернення рослин-живителів на попереднє місце залежно від рівня вихідної заселеності ґрунту цистоутворюючими нематодами

Люцернова та конюшинова нематоди. Насиченість багатопільних сівозмін багаторічними бобовими травами до 10% запобігає масовому накопиченню чисельності люцернової та конюшинної нематод.

В семипільній сівозміні (рис. 5.14), чотирирічного вирощування несприйнятливих для розмноження культур також було достатньо для зниження всіх вихідних чисельностей конюшинної нематоди до економічно-невідчутного рівня. Післяротаційна заселеність угідь характеризувалася середнім ступенем заселеності ґрунту та тенденцією до стабілізації чисельності фітопаразита у межах від 580 до 620 яєць і личинок.

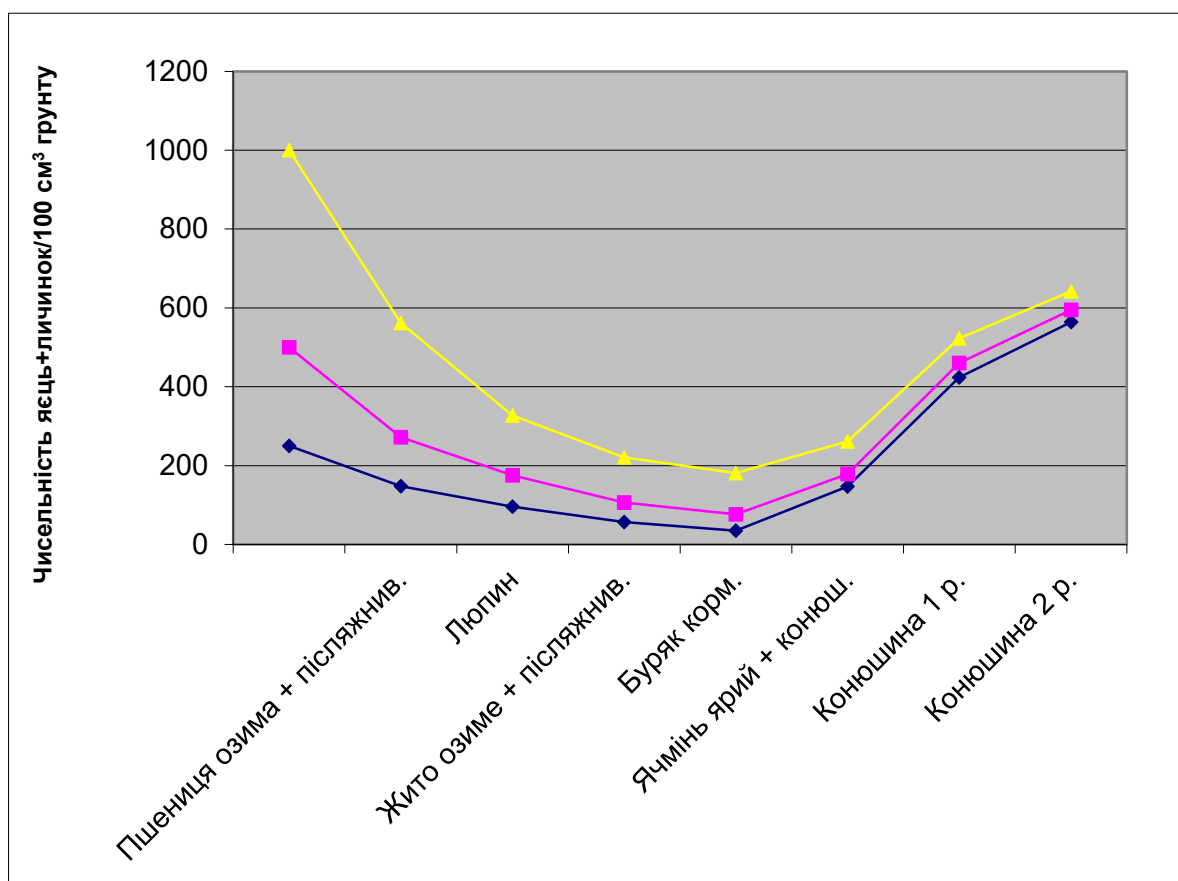


Рис. 5.14. Зміна чисельності конюшинної нематоди в семипільній сівозміні на конюшині дворічного використання (Агрофірма ім. Розумовських Козелецького р-ну Чернігівської обл., 1999-2005 рр.)

Тривале використання багаторічних бобових трав є недоцільним, оскільки зумовлює поступове накопичення чисельності люцернової нематоди (рис. 5.15). Встановлено, що під покривною культурою на молодих рослинах люцерни спостерігалася незначне розмноження фітопаразита. Однак, впродовж наступних двох років, відбувалося динамічне збільшення чисельності популяції нематоди до 790-920 яєць і личинок, а надалі спостерігалася тенденція до уповільненого їх накопичення. Пригнічення та зрідженість посівів багаторічних трав на третій-четвертий рік вегетації були основними чинниками опосередкового впливу на рівень післяротаційної заселеності ґрунту люцерновою нематодою.

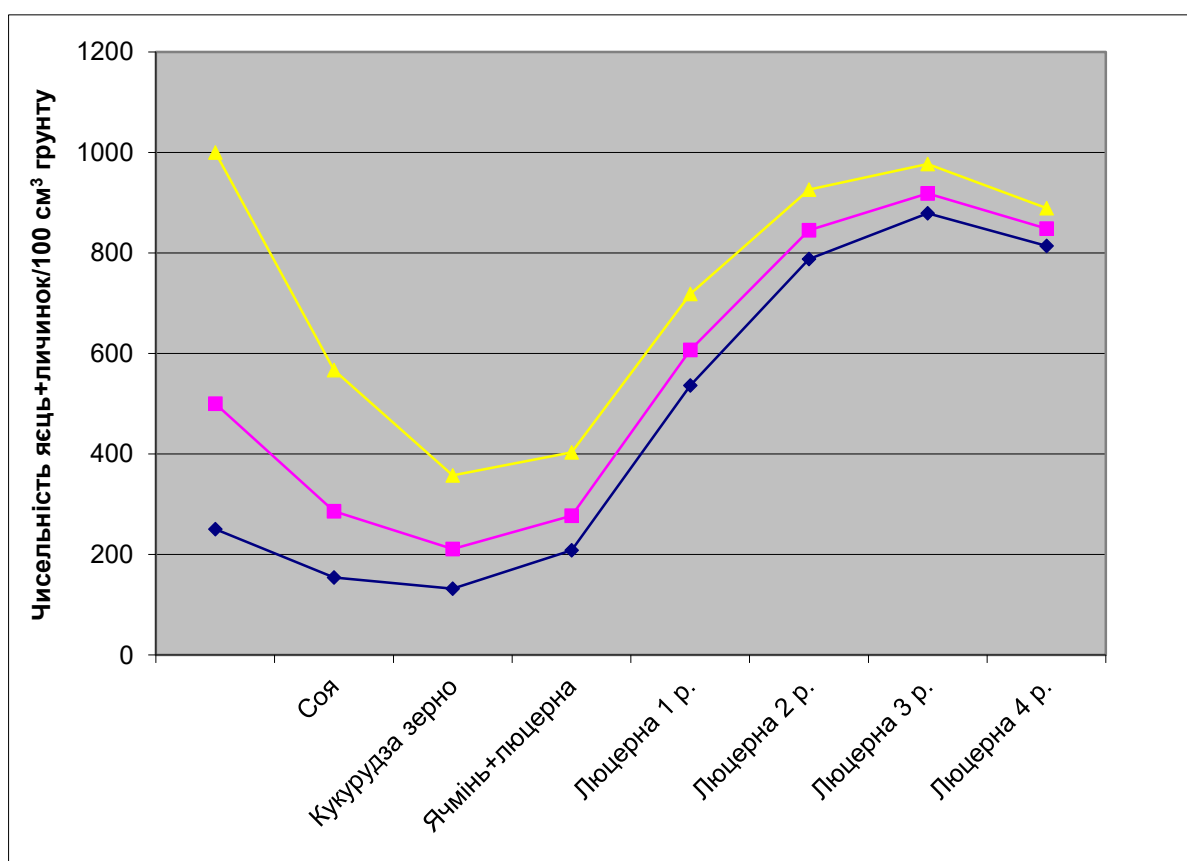


Рис. 5.15. Зміна чисельності люцернової нематоди в сівозміні на люцерні багаторічного використання (ДГ Степне Полтавського інституту АПВ, 2001-2007 рр.)

Отже, для запобігання масового розмноження люцернової та конюшинної цистоутворюючих нематод максимальна частка багаторічних трав в різних за призначенням сівоzmінах не повинна перевищувати 30% (посіви під покривом зернових колосових + багаторічні бобові – однодворічного використання); вівсяної нематоди – 40% зернових колосових; золотистої картопляної нематоди – 20% картоплі (10% сприйнятливі + 10% глободерозостійкі сорти) (рис. 5.16) [8, 9].

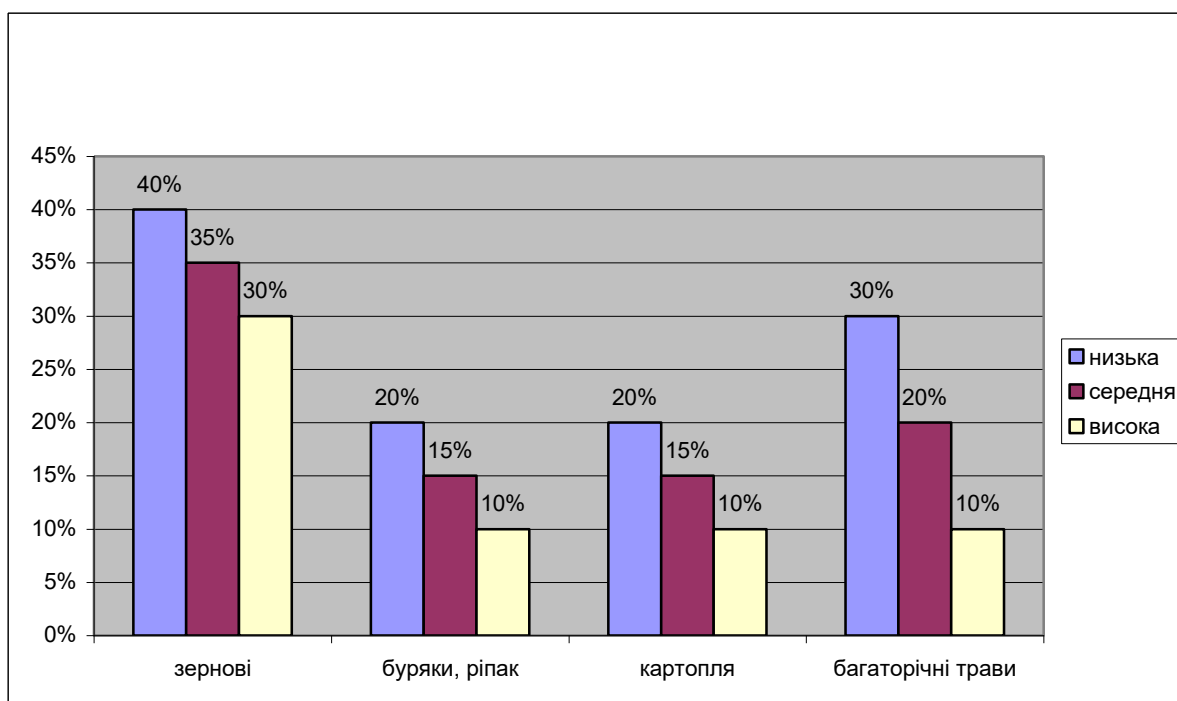


Рис. 5.16. Оптимальна насиченість сівоzmін рослинами-живителями залежно від рівня заселеності ґрунту цистоутворюючими нематодами*

Примітка. *Для вівсяної, конюшинної і люцернової нематод низька чисельність до 500 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту, середня – 501-1000, висока – понад 1000; для золотистої картопляної нематоди відповідно до 1000, 1001-5000 і понад 5000 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту.

Висновки: сівоzmіни є дієвим профілактичним заходом запобігання масовому накопиченню щільності популяцій цистоутворюючих нематод за умови оптимального чергування культур; максимальна насиченість сівоzmін рослинами-живителями не має перевищувати: зернові колосові –

40%, картопля – 20% (10% сприйнятливі + 10% глободерозостійкі), багаторічні бобові трави – 30% (посіви під покривом зернових колосових + багаторічні бобові – одно-дворічного використання).

– при вирощуванні несприйнятливих до розмноження культур, зниження до порогового рівня вихідної чисельності золотистої картопляної нематоди ≥ 50000 яєць і личинок в 100 см^3 ґрунту досягається через 9 років, 40000 – 8 років, 30000 – 7 років, 20000 – 6 років, 10000 – 5 років, 5000 – 4 роки, 2500 – 3 роки, 1000 – 2 роки; вівсяної, люцернової та конюшинної нематод: 3000 – 5 років, 2000 – 4 роки, 1000 – 3 роки; 500 яєць і личинок в 100 см^3 ґрунту – 1-2 роки.

РОЗДІЛ 6

ВПЛИВ ДОМІНУЮЧИХ АБІОТИЧНИХ, БІОТИЧНИХ ТА АНТРОПОГЕННИХ ЧИННИКІВ НА ЦИСТОУТВОРЮЮЧИХ НЕМАТОД

6.1 Джерела та шляхи розселення цистоутворюючих нематод

Домінуючим абіотичним чинником просторового розселення цистоутворюючих нематод є вітрова ерозія ґрунту. Експериментальними дослідженнями доказано, що пориви вітру здатні переносити цисти з розпилим ґрунтом на відстань до 15-20 і більше метрів. При цьому в районах схильних до вітрової ерозії, розселення цист відбувається не лише в теплу пору року, але і в зимовий період за відсутності сталого снігового покриву (табл. 6.1).

Розселення цист водною ерозією ґрунту здебільшого відмічалось після випадіння рясних опадів у вигляді дощу, рідше при таненні снігу весною. Проведення поперечної оранки істотно затримувало переміщення цист зі схилів в низинні ділянки поля стоками талої і дощової води. Глибоке безвідвальне рихлення, без порушення структури поверхневого шару та за наявності смугових щілин на глибину до 40 см, ще ефективніше запобігало пасивному перенесенню цист нематод.

В біоценозах розселення гетеродерід, здебільшого відбувається за рахунок мінімальної міграційної здатності личинок другого віку до 20 см, та факультативно – ґрунтозаселяючими і землерийними тваринами. Серед біотичних джерел пасивного розселення цистоутворюючих нематод, домінуючими є дощові черви. Своєрідними "тунелями" пасивного переміщення цист дощовою водою в нижні горизонти слугували і прокладені ними ходи. Цисти також виявляли в мікрочастках ґрунту, винесеного на поверхню дощовими червами, після надмірного зволоження ґрунту.

**Основні абіотичні, біотичні та антропогенні джерела розселення
цистоутворюючих нематод**

Техніка, засоби, матеріали	Виявлення цист*
Вітрова ерозія ґрунту	+++
Змиви ґрунту талою и дощовою водою	++
Дощові черви	++
Сліпці, кроти, полівки	+
Ґрунтозаселяючі комахи (вовчки, кравчик-головач, мертвоїди, личинки травневого хруща, гусениці підгризаючих совок)	+
Голі слимаки	+
Кабан дикий	+
Знаряддя механічного обробітку ґрунту (плуги, культиватори, сівалки, борони)	+++
Ручний інвентар (лопати, сапки, граблі)	++
Бульби картоплі, коренеплоди буряків, розсада овочевих культур	++

*Примітка: (+) – цисти виявлено в поодиноких випадках < 10%;

(++) – 10-50%; (+++) – > 50%.

Потенційними джерелами поширення конюшинної та інших видів цистоутворюючих нематод в біоценозах є сліпці та кроти. З гумусного прошарку, найбільш заселеного фітопаразитичними нематодами, на поверхню щільного травостою вони виштовхують купи розпушеного ґрунту, оскільки їх кормові ходи розміщені неглибоко. Земляні викиди пухких кротовин, які містили цисти конюшинної нематоди надалі пасивно розносилися поривами вітру, паводковими водами, рясними опадами тощо.

Із мишоподібних гризунів, найбільше значення мають представники роду сірих полівок, які зустрічаються як в культурних, так і природних фітоценозах. Цисти також поширюються ґрунтозаселяючими комахами: вовчками, кравчиком-головачем, мертвоїдами, личинками травневого хруща, гусеницями підгризаючих совок та голими слимаками [31, 47].

Серед крупних ссавців – одним із джерел розселення цист є кабан дикий. В пошуках їжі вони активно зміщують поверхневі горизонти ґрунту в біоценозах, що призводить до порушення цілісності рослинного покриву. Такі збіднені від рослинності ділянки ще протягом одного-двох років слугували потенційними джерелами подальшого розселення цист вітровою та водною ерозією. Варто також відмітити, що останнім часом почастишали міграції кабана дикого і в агроценози у зв'язку зі значним збільшенням посівних площ кукурудзи на зерно.

Однак, порівняно з агроценозами, вплив біотичних чинників не призводить до різких сукцесій, що забезпечує популяціям цистоутворюючих нематод відносно сталі умови життя у визначених просторових межах.

Встановлено, що до істотного більшого розселення цистоутворюючих нематод призводить господарська діяльність людини. Зокрема, в присадибному секторі, забруднені насіннєві бульби картоплі слугували джерелом розселення не тільки золотистої картопляної, але також бурякової та інших видів цистоутворюючих нематод. Аналіз зміток ґрунту з бульб картоплі засвідчив, що його заселеність золотистою картопляною нематодою була досить наближеною до рівня післязбиральної дослідних ділянок.

Доказано, що серед заходів механічного обробітку ґрунту, полицева оранка, навіть за дотримання рекомендованих швидкостей агрегату у межах 7-12 км/год, зумовлювала розширення меж осередків нематод до 18-32 см за один прохід агрегату.

При цьому, на полях без схилів оранку найдоцільніше було чергувати за напрямками її проведення, оскільки краща вирівнюваність поля виключала необхідність застосування шлейф-борін, а скорочення кількості технологічних операцій з обробітку ґрунту уповільнювало розширення площі існуючих осередків цистоутворюючих нематод [25, 31, 47].

На схилових угіддях доцільна гребенева поперечна оранка. Якісне виконання цієї операції створювало перепони для стікання талої і дощової води, особливо після рясних опадів, що суттєво зменшувало змив ґрунту, а відповідно і перенесення цист нематод у низинні частини поля.

Негативним ерозійним процесам на схилах запобігало виконання такої технологічної операції як чизелювання ґрунту. Глибоке безполицеве розпушування, без порушення структури поверхневого шару і наявності смугових щілин на глибину до 40 см для затримання і рівномірнішого розподілу вологи, суттєво обмежувало розширення існуючих осередків цистоутворюючих нематод на пересічних угіддях.

Безполицевий обробіток ґрунту раніше застосовували в посушливих районах. Проте, в останні роки, він набув широкого поширення також у зонах нестійкого і навіть достатнього зволоження. Використання для обробітку ґрунту культиваторів-плоскорізів, чизельних плугів, плоскорізів-розпушувачів сприяло збереженню на поверхні післязрісних рослинних решток та запобігало вітровій і дощовій ерозії ґрунтів, а відповідно і розселенню цист. Порівняно з оранкою, при безполицевому обробітку ґрунту зміщення часток ґрунту робочими органами відбувалося переважно стрічково і на мінімальну відстань до 5-10 см, що суттєво уповільнювало розширення існуючих осередків цистоутворюючих нематод. Серед способів основного обробітку ґрунту, істотно більшому як безпосередньому, так і побічному розселенню цист сприяє відвальна оранка (18-32 см). Проведення технологічних операцій в одному з напрямків, зумовленого частіше всього конфігурацією полів та

присадибних ділянок, призводило до формування еліпсоподібно-видовжених осередків [55].

Значну увагу в наших дослідженнях також було приділено поширеності цистоутворюючих нематод при вирощуванні основних сільськогосподарських культур. Встановлено, що найбільше розселення цистоутворюючих нематод впродовж одного вегетаційного періоду відбувається при застосуванні системи заходів з основного, передпосівного та післяпосівного обробітку ґрунту – просапних, а найменше – зернових колосових та багаторічних бобових культур.

Так, вирощування буряків цукрових та кормових зумовлює розширення площі наявних осередків у межах 90-170 см, картоплі 75-125 см, кукурудзи 30-85 см, гороху 18-55 см, ячменю з підсівом конюшини 12-40 см, вико-вівсу 15-45 см, озимих колосових, за умови застосування безполицевого і поверхневого обробітку ґрунту – 16-35 см, а за полицевого (оранки) і поверхневого обробітку, відповідно – 31-50 см (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

**Пасивне розселення цистоутворюючих нематод при проведенні
рекомендованих технологічних операцій**

(ПОП ім. Войкова Чернігівського р-ну Чернігівської обл., 1996-1999 рр.)

Сільськогосподарські культури	Розселення цист, см*
Буряки кормові	90-170
Картопля	75-125
Кукурудза	30-85
Горох	18-55
Ячмінь з підсівом конюшини	12-40
Конюшина	1-10
Пшениця озима (безполицевий обробіток)	16-35
Пшениця озима (полицевий обробіток)	31-50
Вико-овес з/к	15-45

Найменше до 10 см розселення цистоутворюючих нематод відбувалося при вирощуванні багаторічних бобових трав, що обумовлено мінімальною кількістю операцій з механічного обробітку ґрунту за їх доглядом.

За десятирічну ротацію сільськогосподарських культур, застосування основних заходів і способів механічного обробітку ґрунту зумовлює розширення площі наявних осередків у межах 3 м 20 см - 6 м 75 см.

Отже, навіть за значної початкової строкатості заселення угідь, переміщення цист разом з ґрунтом – знаряддями механічного обробітку, технічними засобами, вітровою і водною ерозією, а також і активно, завдяки мінімальній міграційній здатності інвазійних личинок, з роками відбувається поступове сполучення осередків цистоутворюючих нематод [5].

Проведені нами тривалі багаторічні дослідження впливу різних заходів та способів обробітку ґрунту на популяції цистоутворюючих нематод дають змогу зробити такі висновки: основними джерелами пасивного розселення цист є вітрова ерозія, садивний матеріал, засоби механічного обробітку ґрунту;

– в природних фітоценозах пасивне розселення цист нематод здебільшого відбувається факультативно ґрунтозаселяючими і землеріючими тваринами. Проте вплив біотичних чинників не призводить до різких сукцесій, що забезпечує популяціям цистоутворюючих нематод відносно сталі умови життя у визначених просторових межах.

6.2 Особливості вертикально-ґрунтового розподілу

Розподіл цистоутворюючих нематод за вертикальним профілем, насамперед, залежав від глибини залягання родючого шару, способів його механічного обробітку, видового складу фітонематод і вирощування певних рослин-живителів [12, 34].

Встановлена висока залежність домінуючого накопичення цистоутворюючих нематод переважно в орному, найбільш родючому шарі ґрунту, де знаходилося понад дві третини вторинної кореневої системи рослин-живителів. Так, з наших досліджень випливає, що повітряно суха маса дрібних коренів озимої пшениці в прошарку 0-20 см дерново-підзолистого ґрунту та 0-30 см – чорноземів з площі 500 см² становила 86,2-94,7%, кормових буряків – 73,6-82,7%, картоплі – 76,2-87,9%, ріпаку – 83,6-91,8%, конюшини – 71,7-83,4%, люцерни – 58,1-67,8%, від їх загальної маси в метровому шарі ґрунту.

Домінуюча чисельність популяції вівсяної нематоди за вертикальним профілем була зосереджена переважно до 20 см. Разом з тим, в чорноземі малогумусному поодинокі екземпляри цист виділяли з прошарку ґрунту понад 30 см (рис. 6.1). Проте, слід відмітити, що заселеність ґрунту глибше оброблюваного шару не перевищувала 2,8-15,9% від загальної чисельності популяцій гетеродерід.

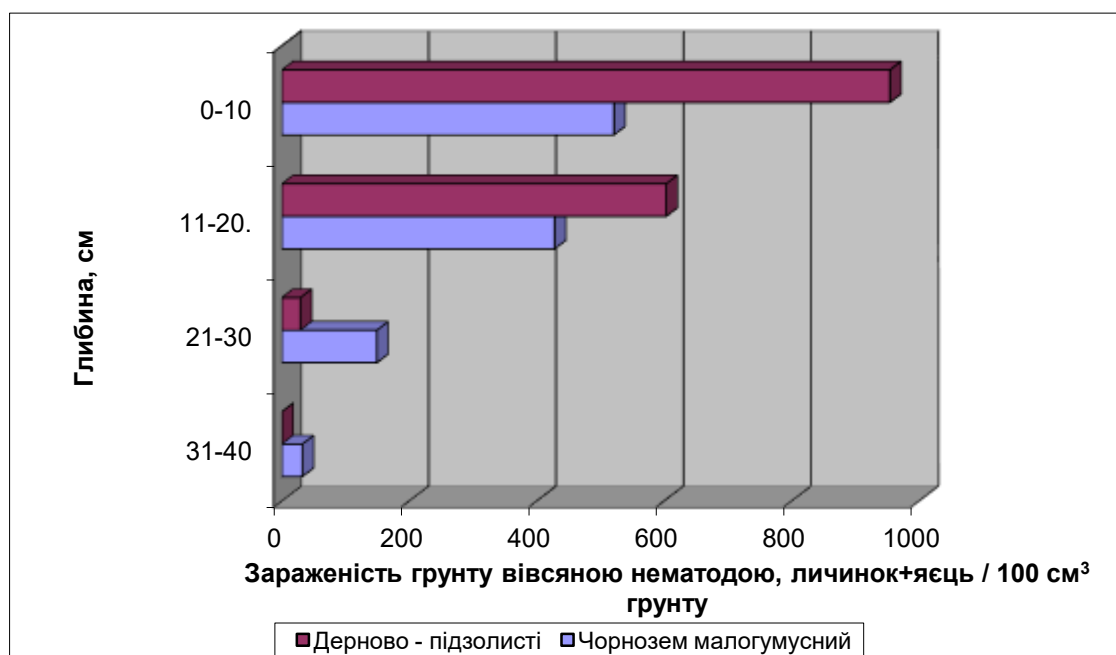


Рис. 6.1. Вертикальний розподіл популяції вівсяної нематоди в різних типах ґрунту (ТЗОВ „Залісці” Рожищенського р-ну Волинської обл., 2001-2003 рр.)

Багаторічні бобові трави зумовлювали накопичення щільності популяцій конюшинної і люцернової нематод також здебільшого до 20 см.

При цьому, в дерново-підзолистому ґрунті з неглибоким заляганням гумусного шару, цисти конюшинної нематоди були зосереджені у верхньому горизонті, а в малогумусному чорноземі більш заселеним люцерновою нематодою був прошарок ґрунту 11-20 см (рис. 6.2; 6.3).

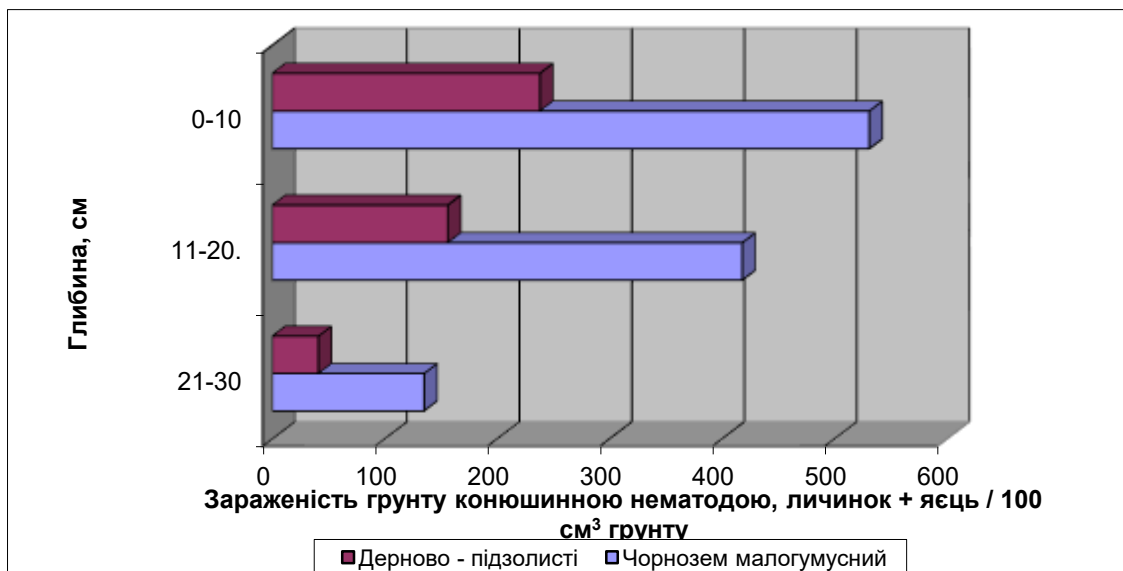


Рис. 6.2. Вертикальний розподіл популяції конюшинної нематоди в різних типах ґрунту (Агрофірма ім. Розумовських Козелецького р-ну Чернігівської обл., 1999-2003 р.р).

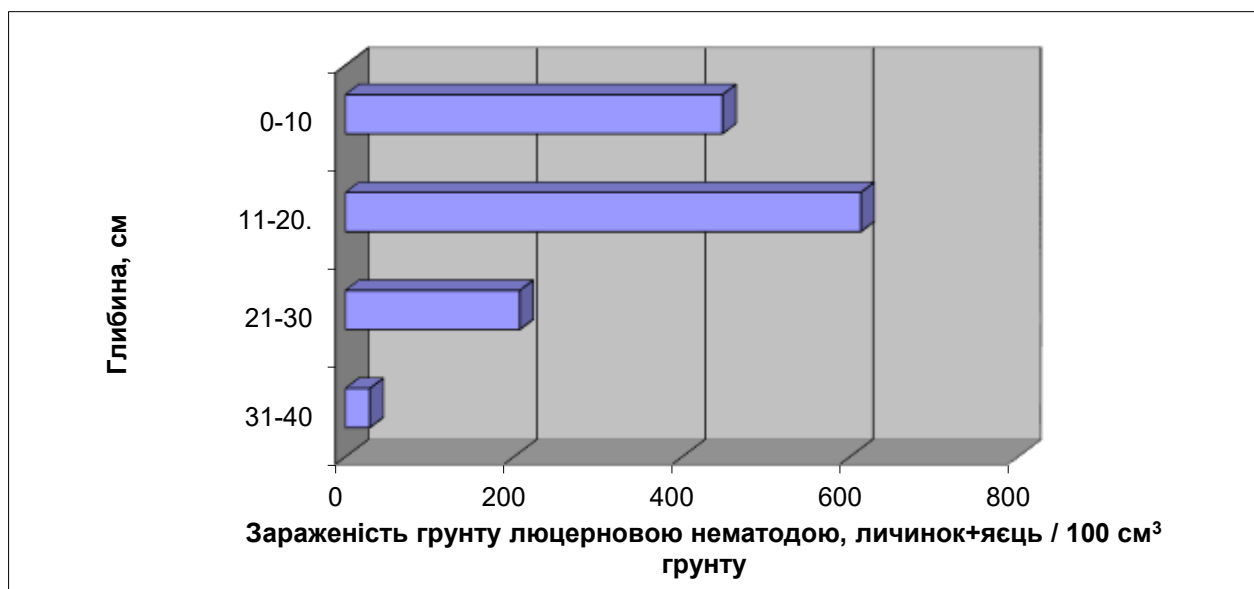


Рис. 6.3. Вертикальний розподіл популяції люцернової нематоди в чорноземі малогумусному (дослідне господарство „Степне” Полтавського інституту агропромислового виробництва, 2004-2006 р.р.)

Заселеність ґрунту золотистою картопляною нематодою за вертикальним профілем здебільшого була вищою в горизонті 11-20 см (рис. 6.4).

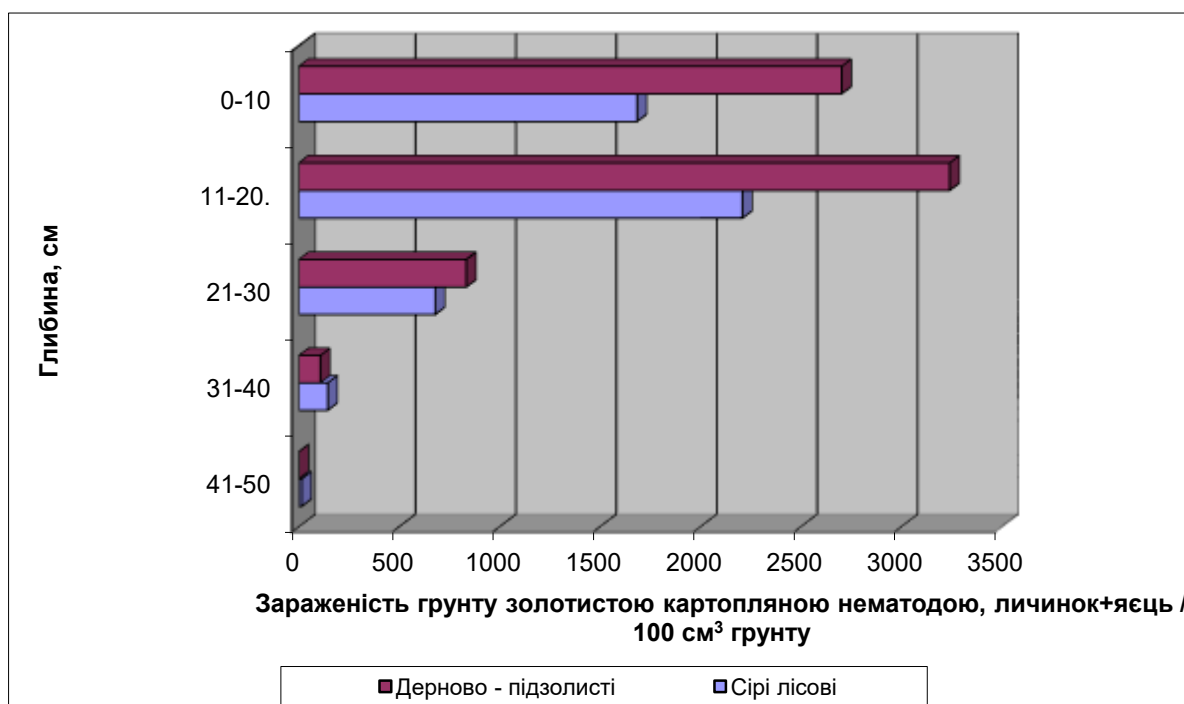


Рис. 6.4. Вертикальний розподіл популяції золотистої картопляної нематоди в різних типах ґрунту (присадибні ділянки смт М.-Коцюбинське Чернігівського р-ну Чернігівської обл., 2004-2007 р.р.)

Отже, для об'єктивної оцінки рівня заселеності угідь цистоутворюючими нематодами дерново-підзолистих, сірих лісових ґрунтів з неглибоким заляганням родючого шару, нематологічні зразки доцільно відбирати на глибину до 20 см, а на чорноземах до 30 см.

Систематичне використання безполіцевого обробітку ґрунту в сучасних ресурсозберігаючих технологіях вирощування зернових колосових культур зумовлювало тенденцію до диференціації оброблюваного шару за рівнем родючості, переважаючому розподілі кореневої системи, а відповідно і накопиченні вівсяної нематоди у верхньому горизонті ґрунту. Різноглибинний поліцевий обробіток

перерозподіляв щільність популяції вівсяної нематоди за вертикальним профілем орного шару (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Вплив способів основного обробітку ґрунту на вертикальний розподіл популяції вівсяної нематоди в дерново-підзолистому ґрунті (ПОП ім. Войкова Чернігівського р-ну Чернігівської обл., 1996-2002 рр.)

Спосіб і глибина обробітку ґрунту	Проша- рок ґрунту, см	Середня чисельність цист у 100 см ³ ґрунту			
		до обробітку		після обробітку	
		Екз.	%	Екз.	%
Оранка, 20-22 см	0-10	3,4	46,7	2,6	36,3
	11-20	2,2	30,1	3,1	43,7
	21-30	1,7	23,2	1,4	19,7
Дискування, 10-12 см	0-10	5,3	49,5	5,2	48,1
	11-20	3,6	33,7	3,8	35,3
	21-30	1,8	16,8	1,8	16,6
Плоскорізний обробіток, 20-22 см	0-10	4,1	46,1	4,1	47,2
	11-20	3,1	34,8	2,8	32,1
	21-30	1,7	19,1	1,8	20,7
Комбінований (оранка 20- 22 см під просапні, плоскорізний обробіток, 20-22 см під інші культури	0-10	4,4	48,8	3,5	37,9
	11-20	3,2	35,6	4,2	46,7
	21-30	1,4	15,6	1,3	14,4

Завдяки механічному переміщенню цист із більш заселеного верхнього в нижні горизонти оброблюваного шару ґрунту, досягалося зниження рівня інвазованості сходів ярих колосових личинками вівсяної нематоди. Проведення даного агротехнічного прийому було також доцільним для заорювання багаторічних трав, зумовлюючих домінуюче

накопичення, особливо конюшинної нематоди у верхньому горизонті ґрунту.

Отже, для запобігання диференціації оброблюваного шару за рівнем заселеності гетеродерідами, необхідно застосовувати комбіновану систему обробітку ґрунту, яка поєднує полицевий різноглибинний обробіток під технічні і просапні культури і безполицевий під інші культури.

6.3 Механізми регуляції онтогенезу

Протягом тривалої еволюції і адаптації до умов існування у цистоутворюючих нематод відбувся чіткий розподіл функцій різних фаз розвитку. Здатність до міграцій у седентарних фітопаразитів залишилася тільки у інвазійних личинок другого віку і самців.

Цистоутворюючі нематоди відзначаються унікальною здатністю до поступового сезонного виплодження протягом багатьох років за відсутності кормових ресурсів і масового при посіві сприйнятливої для розмноження культури. Дана генетична запрограмованість потомства кожної цисти окремо і популяції в цілому, потребує подальших глибоких досліджень. Проте, безсумнівно, що саме кореневі виділення рослин-живителів є визначальними чинниками впливу як активації життєвих функцій личинок, що перебувають в анабіозі, так і їх призупинення, зумовленими віковими змінами в рослинному організмі. Виділення коренів рослин-живителів стимулює масовий вихід личинок із цист, а також є основним орієнтиром їх цілеспрямованого руху в напрямку джерела живлення. Завдяки високочутливим трофорецепторам інвазійні личинки позитивно реагують на градієнт концентрації корневих виділень, який в міру наближення до коренів підвищується, а при віддалені, навпаки знижується. В результаті, масове накопичення личинок другого віку відбувається переважно в місцях активного росту дрібних молодих коренів, найбільш придатних для заселення.

Дослідження із застосуванням розробленого пристрою (деклараційний патент на корисну модель №125069) підтвердили атрактантні властивості водних витяжок різних рослин-живителів, а також високу здатність інвазійних личинок до трофорецепції у напрямку потенційного джерела їжі (рис.6.5).

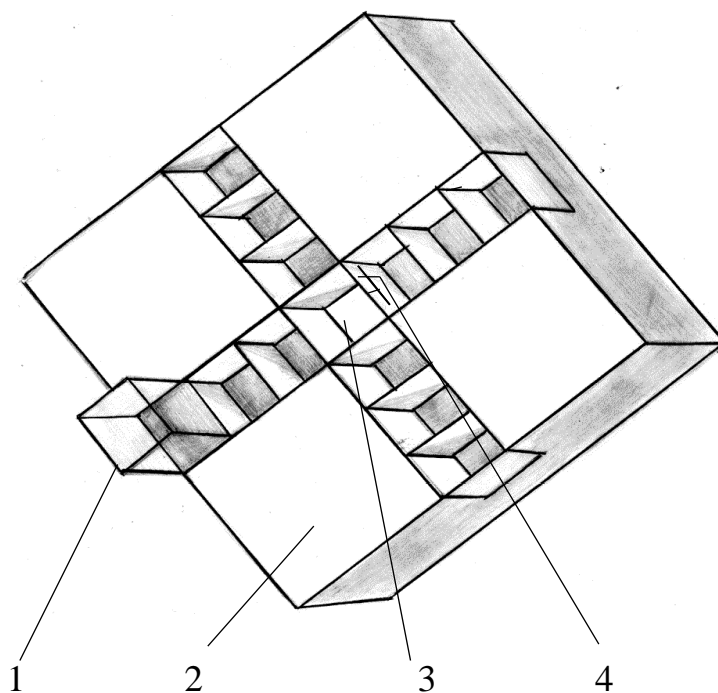


Рис. 6.5. Пристрій для дослідження стимуляції виходу із цист та трофорецепції личинок другого віку цистоутворюючих нематод:

1 – розбірні секції, 2 – корпус, 3 – центральна камера, 4 – дрібносітчасті внутрішні перегородки

Найбільша стимуляція виплоджування і активної міграції личинок із цист спостерігалася при внесенні витяжок рослин-живителів на відстані 2,5-5 см від об'єкту досліджень (цист) за оптимальної вологості 60-70% від повної вологоємкості. В міру віддалення атрактантність витяжок суттєво зменшувалась. Деяке підвищення досягалося завдяки збільшенню в 2-3 рази концентрації корневих виділень. Проте, атрактантність інвазійних личинок корневими витяжками, навіть високих концентрацій на відстані понад 20 см від місця розміщення цист в центральній камері, була

незначною. Імовірно розчиняючись в ґрунтовому розчині, концентрація корневих виділень суттєво не впливала на вибір напрямку руху інвазійних личинок [5, 43].

Таким чином, трофорецепцію личинок другого віку можна вважати одним із основних стимулюючих чинників виходу із цист, знаходження джерела живлення, а побічного – активного розселення та збільшення площі осередків.

Згідно проведених досліджень найвищу активацію виплодження личинок із цист забезпечували водні витяжки вторинних коренів початкових фаз росту та розвитку рослин (рис. 6.6).

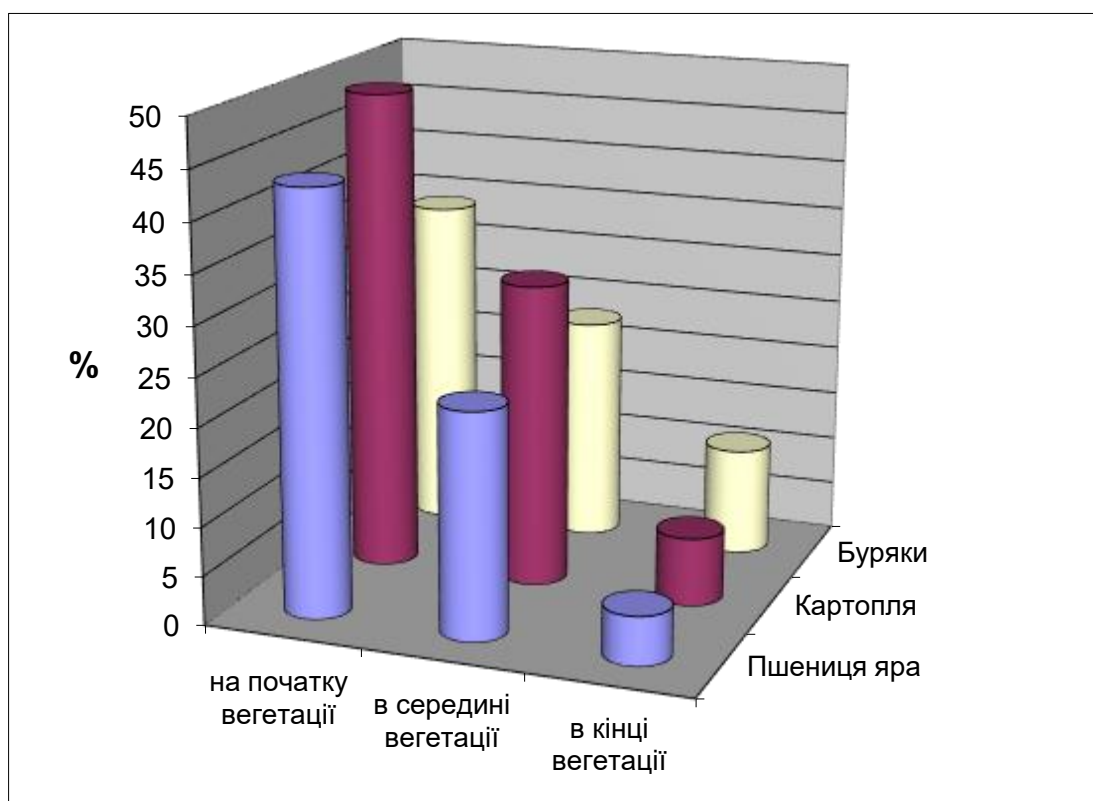


Рис. 6.6. Інтенсивність виходу личинок із цист за дії корневих витяжок

(Лабораторно-вегетаційний дослід, НУБіПУ, 2006-2010 рр.).

Обґрунтовано механізм впливу фітопаразитичних нематод на рослини, опосередковану дію рослин-живителів на потенціал розмноження

популяцій та досліджено деякі механізми регуляції цього складного процесу.

Завдяки генетично закріпленому механізму активації і призупинення фізіологічних процесів простежується чітка синхронізація онтогенезу цистоутворюючих нематод відповідно до органогенезу рослин-живителів. Оскільки, личинки другого віку після заселення коренів втрачають здатність до міграцій, весь їх подальший розвиток відбувається лише в одній, інвазований ними рослині.

За такого тісного трофічного зв'язку седентарні фітопаразити чутливо реагують на зміни в рослинному організмі, обумовлені як віковими, так і впливом несприятливих чинників різної природи, особливо тривалих посух. Багаторічна циклічність розвитку седентарних нематод, у відповідності з органогенезом типових для певних зон рослин-живителів, зумовила формування спадкової адаптації.

Відмічено явище якісної сталості і стійкості цистоутворюючих нематод до різних несприятливих факторів, яке є результатом ускладнення протягом тривалого філогенезу генетично закріплених адаптивних властивостей. Так, навіть при незворотних змінах коренева система відмирає не одразу, що дає змогу статевозрілим самицям ще деякий час жити та скорегувати індивідуальний розвиток на часткове

Встановлено, що за умови заорювання посівів багаторічних трав у вересні, на початку жовтня, розвиток третьої генерації конюшинної і люцернової нематод був факультативним. В результаті порушення нормального циклу розвитку личинкові фази, а також недорозвинені дорослі особини передчасно гинули за нестачі їжі. Проте запліднені статевозрілі самиці були здатні завершувати біологічний цикл розвитку за меншої у 2-3 рази наповненості цист яйцями. Аналогічно, збирання врожаю озимих зернових культур на зелений корм у період розвитку яйцекладних самиць на коренях, також призводило до спонтанного переходу їх в діпаузу з подальшим перетворенням у цисти.

Подібна закономірність завершення онтогенезу, була також відмічена іншими вченими для бурякової нематоди [234].

6.4 Фенологія і кількість генерацій домінуючих видів

В процесі тривалого філогенезу цистоутворюючі нематоди, як високо спеціалізовані фітопаразити, добре адаптувалися до орного генезу рослин-живителів. Активація фізіологічно-життєвих процесів личинок вівсяної і золотистої картопляної нематод у часі співпадала зі з'явленням сходів ярих колосових культур та картоплі, а люцернової і конюшинної з початком активної вегетації багаторічних трав. Нижня межа виходу личинок із цист вівсяної і конюшинної нематод становила 4,8°-6,5°C. Личинки другого віку люцернової і золотистої картопляної нематод виплоджувалися із цист при дещо вищих температурах у межах 7,6°-9,4 °C. Але, в корені сприйнятливих для розмноження культур личинки починали проникати при прогріванні ґрунту до 9,8°-10,4 °C [21].

Відмічено, що кліматичні фактори впливають на популяції цистоутворюючих нематод як безпосередньо, так і опосередковано через фізіологічний стан рослинних організмів. Для виходу личинок із цист необхідно оптимальне поєднання температурного режиму і достатньої вологості ґрунту. На початку вегетаційного періоду, інтенсивність виплодження більше залежала від температурного режиму, а в літні періоди вегетації – лімітуючим чинником був рівень вологості ґрунту.

Загальноприйнятою є оцінка вологозабезпеченості ґрунту за рівнем продуктивної вологи в 1,0 чи 1,5 метровому горизонті ґрунту. Однак, згідно наших досліджень, інтенсивність виходу личинок із цист тісно корелювала з вологозабезпеченістю орного шару, найбільш заселеного нематодами. За цим показником, задовільними для онтогенезу цистоутворюючих нематод слід вважати запаси вологи понад 40 мм. Тривалі ранньовесняні і весняно-літні посухи суттєво впливали на механізм активації фізіологічних процесів фітонематод. Лімітуюча дія

посух проявлялася в окремі роки у другій половині травня, але здебільшого в літній період, що чітко простежувалося для видів з дво-три річними генераціями (конюшинної та люцернової нематод). Зниження запасів вологи в орному шарі менше 20 мм уповільнювало виплоджуваність личинок із цист. При подальшому зниженні вологості ґрунту до 10 мм спостерігався вихід із цист тільки поодиноких личинок другого віку, а за нижче 5 мм їх виплодження фактично призупинялося.

Негативний вплив посух послаблювався при близькому заляганні підґрунтових вод. Такі ділянки, за рівнозначності всіх інших факторів, мали вищий рівень вихідної заселеності ґрунту цистоутворюючими нематодами, що доцільно враховувати при проведенні первинних нематологічних обстежень фітоценозів.

За оптимуму температури (18-24 °C), вологості (60-70%) і наявності корневих виділень рослин-живителів екстенсивність і інтенсивність виходу личинок другого віку із цист досягала максимальних показників, а за умови різкого відхилення від оптимальних, навіть одного із основних чинників, суттєво уповільнювалась.

Найбільш масово личинки виходили із цист в кінці квітня, протягом травня, а у вологі роки також і в першій половині червня (рис. 6.7). В наступний період вегетації культур інтенсивність заселеності коренів поступово уповільнювалась, що чітко простежувалося, особливо для видів нематод з однорічною генерацією [48].

Рухливі червоподібні личинки другого віку заселяли переважно дрібні корені. Проте зустрічалися також в основних і навіть генеративних органах. Часто коренева система уражених рослин, особливо просапних культур, набувала ознак „бородатості”.

Ендопаразитичний спосіб життя личинок третього і четвертого віків захищає їх від прямого впливу несприятливих абіотичних факторів. Тому, їх дія проявляється переважно опосередковано через фізіологічний стан рослинного організму. Разом з тим, за сильної інвазованості рослин

тривалі посухи в сукупності з високим температурним режимом здатні посилювати патологічні процеси та призводити до глибоких фізіологічних розладів. Реакцією седентарних фітопаразитів на різке погіршення умов живлення слід вважати тенденцію до переважання у віковій структурі популяції чисельності самців та зниження потенційної плодючості самиць.

Виділення ферментів стравохідних залоз в тканини рослин зумовлює утворення багатоядерних клітин-синцитіїв. При цьому локалізовані ділянки живлення паразитарних личинок, які з часом перетворювалися в самців були менших розмірів порівняно з синцитіями самиць.

За результатами проведених нами досліджень встановлено, що визначальним чинником впливу на тривалість онтогенезу седентарних фітопаразитів був температурний режим ґрунту. Так, за середньодобових температур ґрунту на глибині 20 см у межах 8-17 °С для завершення першої і третьої генерацій конюшинної і люцернової нематод було необхідно від 64 до 78 днів, а за 18-21 °С онтогенез другої генерації в липні-серпні тривав – 44-52 дні. В окремі роки зміщення метеорологічних строків настання весняних процесів останнього десятиліття, зумовлювало більш раннє, на 5-12 днів, заселення сходів личинками, а відповідно і завершення ними повного циклу розвитку. Онтогенез вівсяної нематоди з часу інвазії сходів личинками другого віку і до утворення цист нової генерації, тривав упродовж 61-76 днів, а золотистої картопляної нематоди – 48-63 днів. За період вегетації рослин-живителів вівсяна і золотиста картопляна цистоутворюючі нематоди завершують одну, а конюшинна та люцернова – переважно три генерації [8, 30].

Люцернова	Квітень			Травень			Червень			Липень			Серпень			Вересень			Жовтень			Листопад		
	1	2	3	1	2	3	1	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
		☞☞	☞	☞	☞	☞		☞☞	☞	☞	☞		☞☞	☞	☞	☞	☞							
				☞☞	☞	☞	☞			☞	☞	☞			☞	☞	☞	☞						
					☞	☞	☞	☞		☞☞	☞	☞	☞			☞	☞	☞	☞	☞				
						(♀)	♀	♀	♀		(♀)	♀	♀	♀			(♀)	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀
						(♂)	♂	♂	♂		(♂)	♂	♂	♂			(♂)	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♂
							⊕	⊕	⊕	⊕		⊕	⊕	⊕	⊕			⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
								☞	☞	☞	☞		☞	☞	☞	☞			☞	☞	☞	☞	☞	☞

Конюшинна	Квітень			Травень			Червень			Липень			Серпень			Вересень			Жовтень			Листопад		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	☿	☿	☿	☿	☿	☿	☿	☿	☿	☿	☿	☿	☿	☿	☿	☿	☿	☿	☿	☿	☿	☿	☿	☿
		♂	♂	♂	♂	♂			♂	♂	♂			♂	♂	♂	♂							
				♂	♂	♂	♂			♂	♂	♂				♂	♂	♂						
					♂	♂	♂	♂			♂	♂	♂				♂	♂	♂					
						♀	♀	♀			♀	♀	♀				♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀
							+	+	+	+			+	+	+				+	+	+	+	+	+
									☿	☿	☿			☿	☿	☿					☿	☿	☿	☿

Рис. 6.7. Фенологія основних видів цистоутворюючих нематод

⦿ - циста, ⦿ - личинка L₂, ⦿ - личинка L₃, ⦿ - личинка L₄,

♀ - безяйцева самиця, ⊕ - яйценосна самиця, ♂ - самець, (♀) - поодинокі особини

Внесення корегувань в моніторингову систему дало змогу уточнити строки проведення візуального обстеження на ураженість посівів гетеродерозами в період масового з'явлення самиць на коренях типових рослин-живителів.

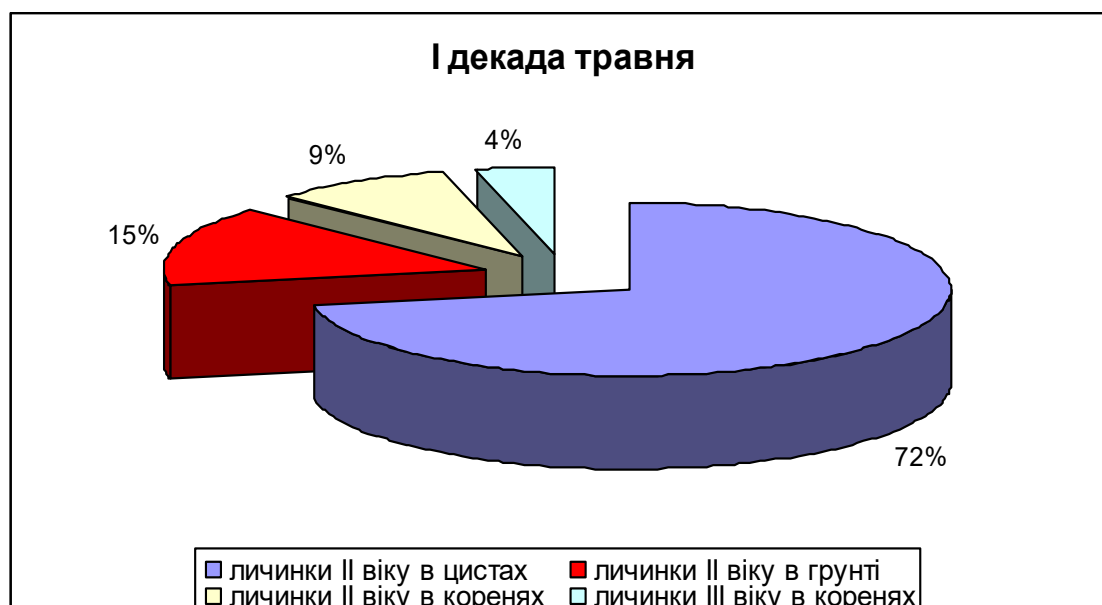
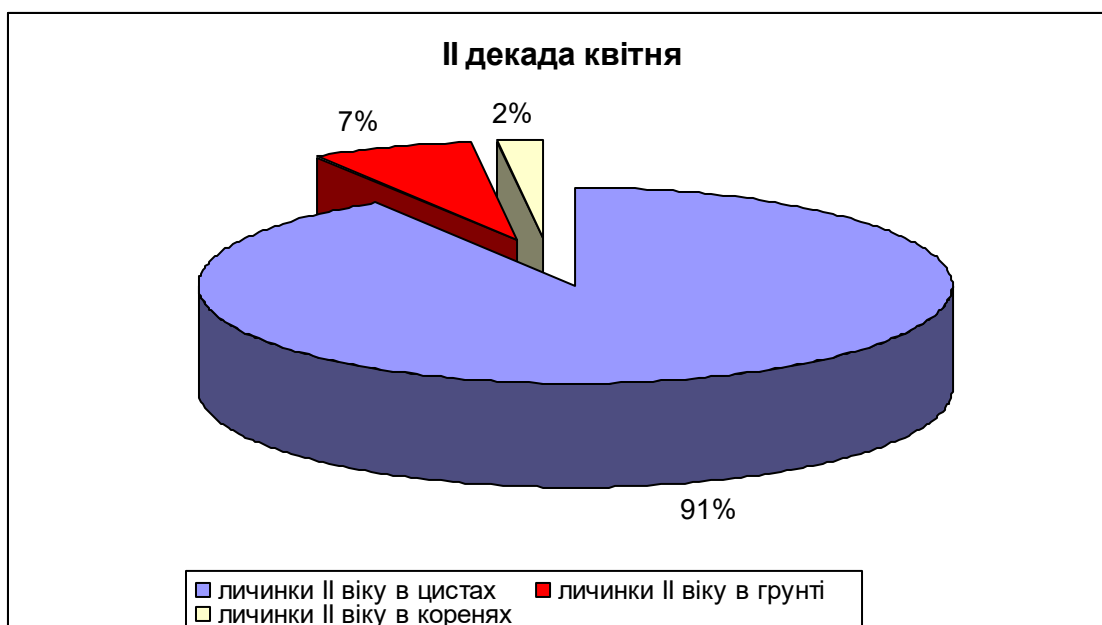
Отже, за період вегетації рослин-живителів вівсяна і золотисто-картопляна нематоди завершують одну, а люцернова і конюшинна – переважно три генерації. В окремі роки зміщення метеорологічних строків настання весняних процесів, порівнюючи з багаторічними даними, зумовлювало більш раннє (на 5-12 днів) заселення сходів личинками, а відповідно, і завершення ними циклу розвитку.

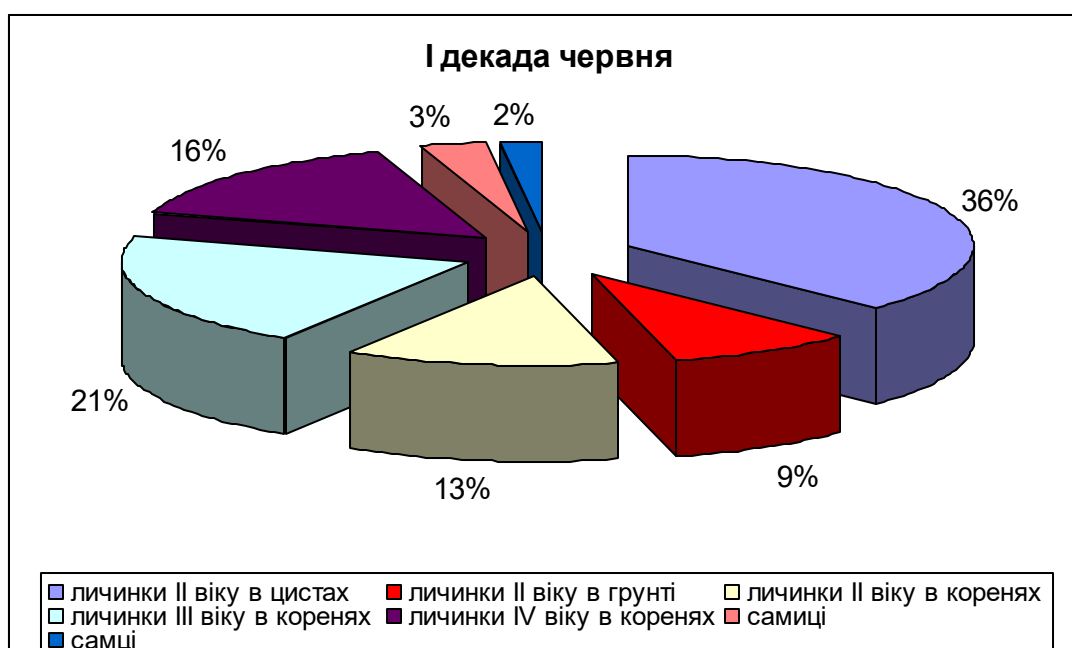
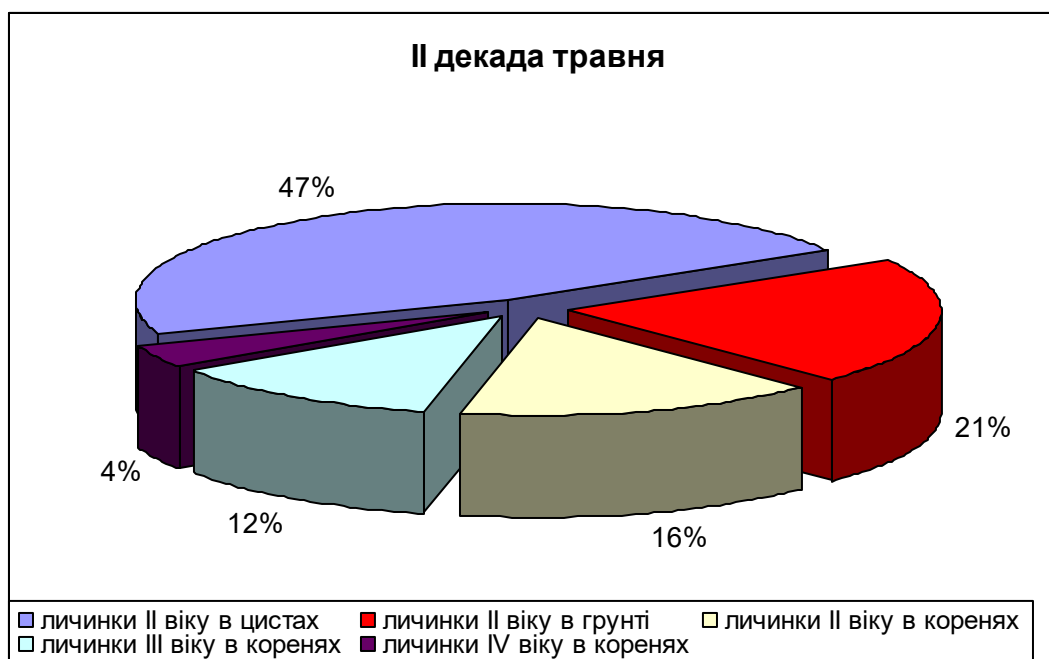
6.5 Сезонна вікова структура та популяційна адаптація до перенесення несприятливих умов.

Сезонну вікову структуру популяції нами детально досліджено на прикладі вівсяної нематоди. Однак встановлені загальні закономірності є актуальними і для інших видів цистоутворюючих нематод.

У зв'язку з тим, що вихід інвазійних личинок із цист та заселеність коренів рослин-живителів з різною інтенсивністю відбувається майже впродовж усього вегетаційного періоду, але найбільш масово весною та на початку літа, вікова структура популяції зазнавала циклічних змін з домінуванням певних фаз онтогенезу. На початку травня у віковій структурі переважали діапазуючі личинки другого віку в цистах за незначної частки вільноживучих у ґрунті (15%) та паразитарних (9%) в коренях рослин-живителів (рис. 6.8). В першій декаді червня понад третина популяції (36%) залишалася перебувати в анабіозі, за частки ендopазитарних личинок третього віку близько 21% та четвертого – 16% відповідно. Надалі у віковій структурі популяції відбувалося збільшення чисельності дорослих особин: самиць та самців. Після відкладання яєць, самиці з часом відмирили і перетворювалися в цисти. У цей період в

яйцевих оболонках відбувався розвиток личинок першого, а після линьки – другого віку. Таким чином, в кінці червня-першій декаді липня вівсяна нематода перебувала одночасно на всіх стадіях розвитку з домінуванням у структурі популяції цист як новоутворених (19%), так і попередніх років онтогенезу (27%) [9].





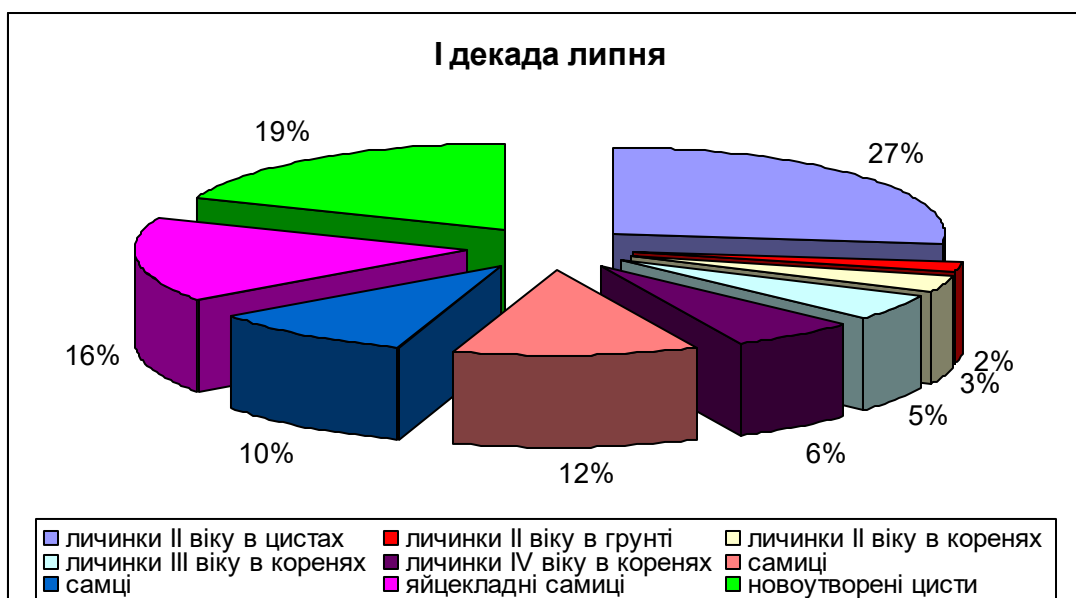
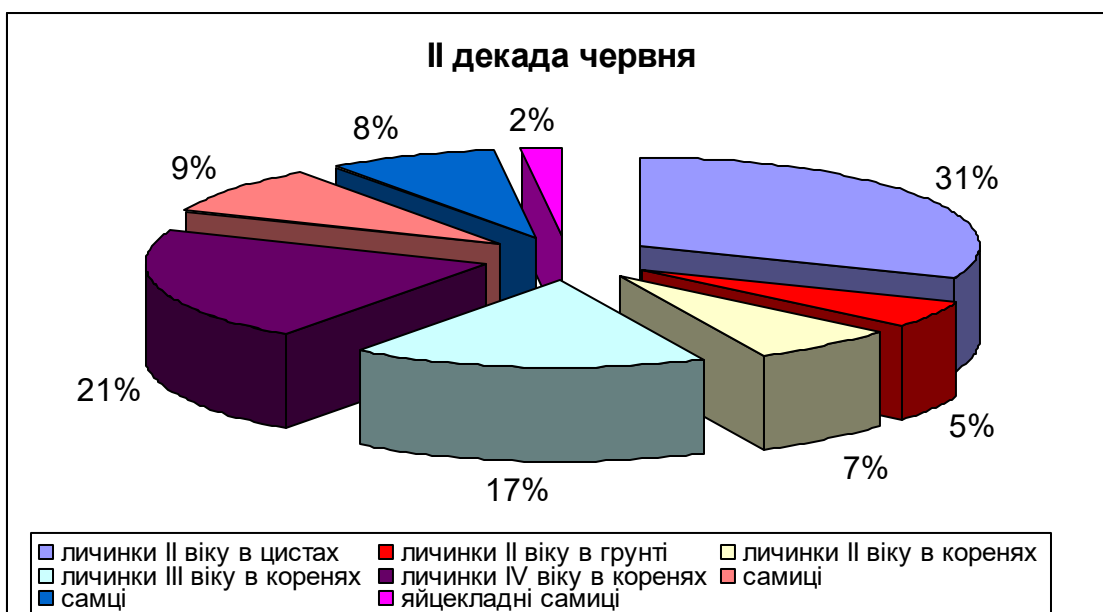


Рис. 6.8. Сезонна вікова структура популяції вівсяної нематоди в агроценозі озимої пшениці сорту Поліська 90 (ПОП ім. Войкова Чернігівського р-ну Чернігівської обл., 2007-2010 рр.)

Однак незважаючи на оптимальні абіотичні умови та наявність кормових рослин, частина личинок другого віку протягом багатьох років продовжувала перебувати у стані анабіозу, залишаючись страховим фондом виживання видів.

Тому, діапаузу цистоутворюючих нематод, вважаємо доцільним розділити на фізіологічну – генетично закріплену адаптованість організму до переживання циклічних несприятливих умов зовнішнього середовища, а також відсутності для розвитку трофічних ресурсів та фізичну, індуковану нетривалою для активної життєдіяльності дією метеорологічних чинників – посуха, зниження температури до невисоких плюсових значень тощо (рис. 6.9).



Рис. 6.9. Типи діапауз цистоутворюючих нематод

Зокрема встановлено, що личинки другого віку після виходу із цист, при потраплянні в стресові умови, були здатні декілька годин перебувати у стані заціпеніння чи навіть кілька днів знаходитись в нетривалій факультативній діапаузі, яку за аналогією з ентомологічними організмами рекомендуємо вважати – олігопаузою (тимчасова діапауза). Дана діапауза не була обов'язковою, вона виникала у різні періоди і була реакцією переважно на несприятливі абіотичні чинники (зниження температури до мінімальних плюсових значень, посуха). Після настання оптимальних умов, активна життєдіяльність личинок, здатність їх до міграції і заселеності коренів рослин-живителів знову відновлювалася.

В окремі роки білих самиць на коренях багаторічних трав виявляли у весняно-літній період на 4-7 днів раніше основної частини популяції. Ймовірно, що у відносно теплі зими, зокрема 2007, 2019 р., деякі личинки конюшинної та люцернової нематод виживали у коренях рослин-господарів нижче глибини промерзання ґрунту за уповільненого їх розвитку чи перебування в стані анабіозу. Загальновизнаним вважається здатність потомства до перенесення несприятливих абіотичних умов тільки на стадії цисти.

Отже, різні модифікації стану спокою (короткотерміновий стан заціпеніння від декількох хвилин до кількох годин, тимчасова факультативна впродовж кількох днів – олігопауза; діапауза – типова однорічна; гіперпуза – багаторічна), висока екологічно-адаптивна здатність до перенесення несприятливих умов, наявність страхового фонду гіпердіапазуючих особин забезпечують виживання видів, навіть за десятирічної перерви між повторним вирощуванням рослин-живителів.

У зв'язку з тим, що вихід інвазійних личинок із цист і заселеність коренів рослин-живителів з різною інтенсивністю відбувається майже впродовж усього вегетаційного періоду, заходи захисту мають бути превентивними та забезпечувати пролонговану тривалу дію.

6.6 Протинематодна ефективність метаболічних біопрепаратів поліфункціональної дії

Інтенсивне застосування в сучасних агротехнологіях хімічних засобів захисту рослин призводить з часом до формування резистентних популяцій шкідливих організмів, а також забрудненню навколишнього середовища. Тому, навіть часткова заміна в системах інтегрованого захисту рослин, пестицидів хімічного походження на екологічно безпечні біопрепарати, сприятиме екологізації сільськогосподарського виробництва.

Передпосівна обробка посівного чи садивного матеріалу є одним із раціональних способів використання засобів захисту рослин, зважаючи на мінімальні витрати діючих речовин та низьку собівартість захисних заходів.

Серед сучасного асортименту протруйників, вимогам екологічної безпечності, найбільше відповідають мікробіологічні препарати, що забезпечує їх практичне застосування, навіть на культурах, продукцію яких використовують в харчовому раціоні людини.

Створений метаболічний біопрепарат Аверстім [Патент на винахід № 107972] за механізмом дії найбільш близький до авермектинвмісного препарату «Аверком-нова» [Патент на винахід № 107972 Україна. A01N 63/02 Фітозахисний біопрепарат «Аверком-нова» для обробки рослин; заявник і патентовласник – Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України. Опубліковано: 10.03.2015 р.].

Поліфункціональний біопрепарат Аверстім включає етанольний екстракт біомаси штаму *S. avermitilis* IMB Ac-5015 з концентрацією авермектинів 100 мкг/мл і супернатанту культуральної рідини зазначеного вище штаму у співвідношенні 1:1, які до того ж містять комплекс біологічно активних речовин, в тому числі амінокислоти, ліпіди (фосфоліпіди, вільні жирні кислоти, стерини та ін.), стероли, фітогормони, біополімер хітозан, та із додаванням солей гумінових кислот із вільними амінокислотами та органо-мінеральним комплексом (1:24) [181, 185].

Штам-продуцент *Streptomyces avermitilis* IMB Ac-5015 було отримано в Інституті мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України шляхом спрямованої селекції із застосуванням N-метил-N-нітро-N-нітрозогуанідину [Патент на винахід №69639 Україна. C12N 1/02. Штам *Streptomyces avermitilis* – продуцент авермектинів, речовин антипаразитарної дії. Опубліковано: 15.08.2006 р.]. Вказаний штам продукує також фітогормони різних класів: ауксини, гібереліни та цитокініни [Патент на винахід № 92094 Україна. A01N 63/02].

У препараті Аверстім було використано етанольний екстракт біомаси 7-добової культури штаму *S. avermitilis* IMB Ac-5015, вирощеного на повноцінному культуральному середовищі. Вміст авермектинів групи В в етанольному екстракті становить близько 40% [181].

Біологічно активні речовини продуцентів метаболізму: амінокислоти (в тому числі глютамінова, аспарагінова, пролін – активують клітинний метаболізм рослин), вітаміни групи В (тіамін, біотин, піридоксин), ліпіди (фосфоліпіди, стерини, жирні кислоти, у тому числі олеїнова, ліолева, ліноленова, арахідонова, здатні посилювати імунітет рослин до хвороб, фітогормони (ауксини, цитокініни, гібереліни, брасиностероїди) – регулюють фізіологічні процеси життєдіяльності рослин, стероли – підвищують опірність рослин до шкідливих організмів та несприятливих абіотичних чинників [7, 13, 14, 30, 34, 36].

Індукована системна стійкість ефективна в польових умовах, оскільки включає природний механізм біологічного контролю захворювань рослин. Індуктори не вносять в генотип рослин нових факторів стійкості, але активують складну інтегровану систему захисних механізмів, що сприяє максимальній реалізації природного імунного потенціалу рослин [32].

Використання біопрепаратів в сучасних технологіях вирощування культур сприятиме скороченню кількості хімічних обробок та зменшенню пестицидного навантаження на довкілля.

Проведені нами експериментальні досліді із використанням розробленого пристрою для дослідження стимуляції та трофорецепції личинок (патент на корисну модель №125069) дали змогу встановити, що окрім прямої токсичної дії, метаболічні протруйники проявляють дезорієнтуючі властивості, що також можна вважати позитивною ознакою їх ефективності [177]. Відмічено також, що потрапляючи в зону внесення біопрепаратів частина личинок впадала в тимчасову діпаузу, індуковану метаболітами сполук, що істотно знижувало інвазованість коренів на початкових фазах росту і розвитку рослин. Таким чином, проведені дослідження дозволяють зробити висновок про комплексну дію компонентів метаболічних біопрепаратів на фітопаразитичних нематод.

В сучасних умовах найбільш технологічним способом застосування препаратів є передпосівна обробка насіння та садивного матеріалу.

Враховуючи, що виплодження личинок із цист відбувається впродовж тривалого періоду, але найбільш масово на початку вегетаційного періоду, захисно-стимулюючі речовини першочергово мають забезпечувати гарантований захист сходів у найбільш уразливі початкові фази росту і розвитку рослин.

Серед седентарних видів, одними із найбільш шкідливих є цистоутворюючі нематоди, зокрема бурякова. Встановлено, що серед мікробіологічних препаратів: Аверком^Н, Аверстім, Фітовіт і Віолар вищу протинематодну ефективність забезпечила обробка насіння ріпаку Аверстімом (1,0 л/т). Заселеність сходів личинками бурякової нематоди була в 2-7 разів меншою порівняно з контролем. Тривалість захисної дії складала в середньому близько двох тижнів, а надалі поступово знижувалась (рис. 6.10).

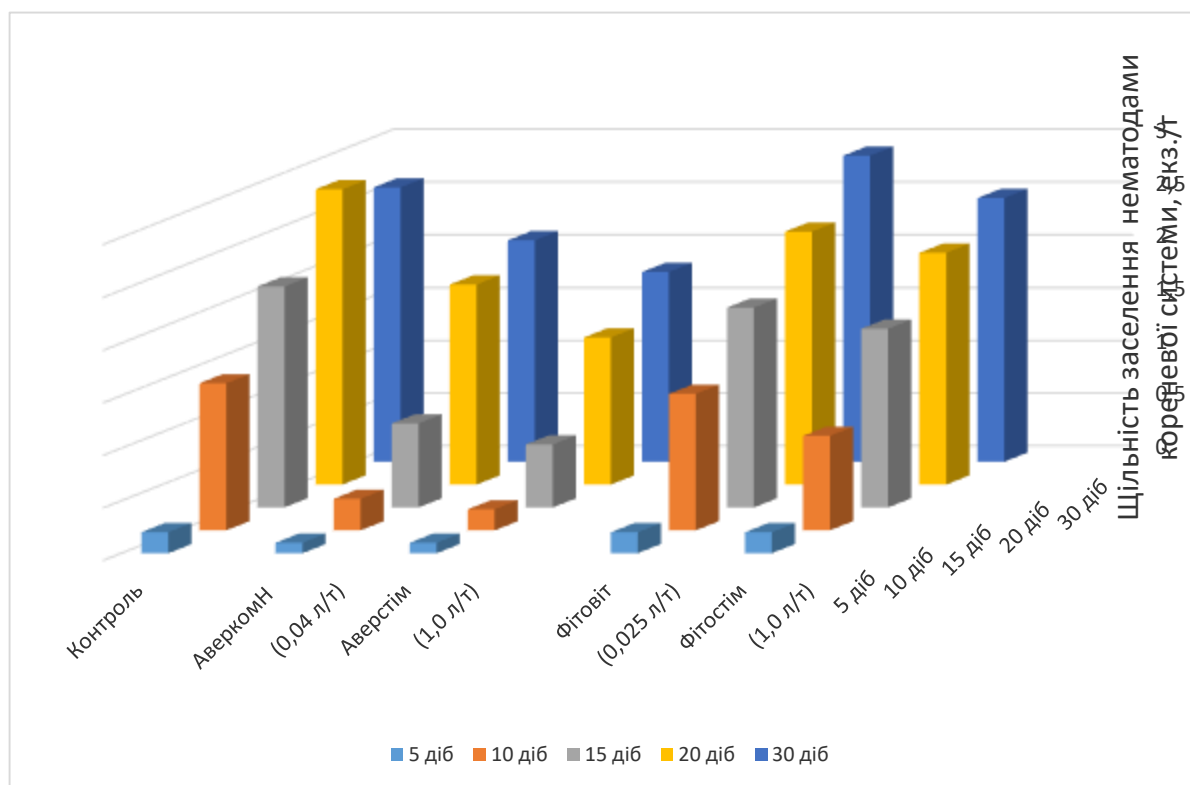


Рис. 6.10. Технічна ефективність біологічних препаратів проти бурякової нематоди на ріпаку озимому (ПП Карпенко, Сумська обл., 2018-2020 рр.)

Аналогічна залежність ефективності різних препаратів встановлена на інших культурах (рис. 6.11-6.12). Зокрема, передпосівна обробка насіння пшениці ярої поліфункціональними біопрепаратами знижувала інвазованість початкових фаз росту рослин в межах 62,8-74,6 % (рис.6.11). При цьому вищої

як початкової, так і пролонгованої захисної дії досягалося при застосуванні Аверстіму та Аверкому^Н, дещо менше Віолару.

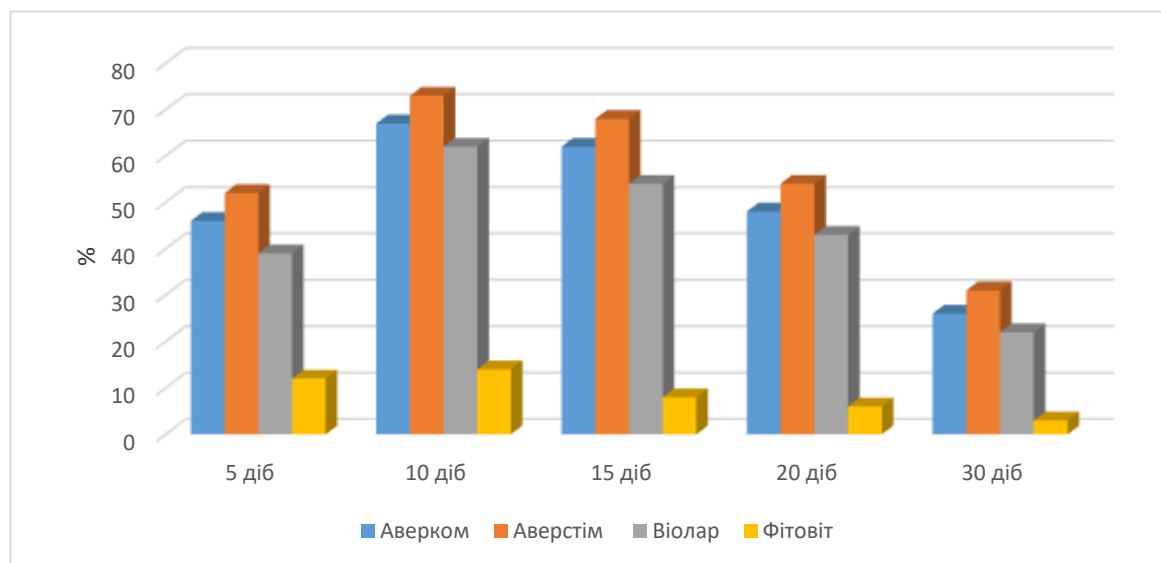


Рис. 6.11. Технічна ефективність мікробіологічних препаратів проти вівсяної нематоди на пшениці ярій (ПОП ім. Войкова Чернігівського р-ну, Чернігівської обл., 2017-2019 р.р)

В складі препаратів Аверкому^Н і Аверстіму діючою основою нематодцидної активності є природні авермектини, які продукує корисний ґрунтовий стрептоміцет *Streptomyces avermitilis*. Загальна концентрація комплексу мажорних авермектинів А1, А2, В1, В2 становить 0,01%. Крім авермектинів до його складу входить природний збалансований комплекс фізіологічно активних продуктів метаболізму продуцента: амінокислоти, вітаміни групи В, ліпіди (фосфоліпіди, стерини, жирні кислоти, у тому числі арахідонова), фітогормони-регулятори (ауксини, цитокініни, гібереліни, брасиностероїди), а також полісахарид біологічного походження хітозан, який діє як еліситор, що підсилює фітостимулюючу та імуномодулюючу дію препарату як до шкідливих організмів, так і до впливу несприятливих абіотичних чинників [59, 65].

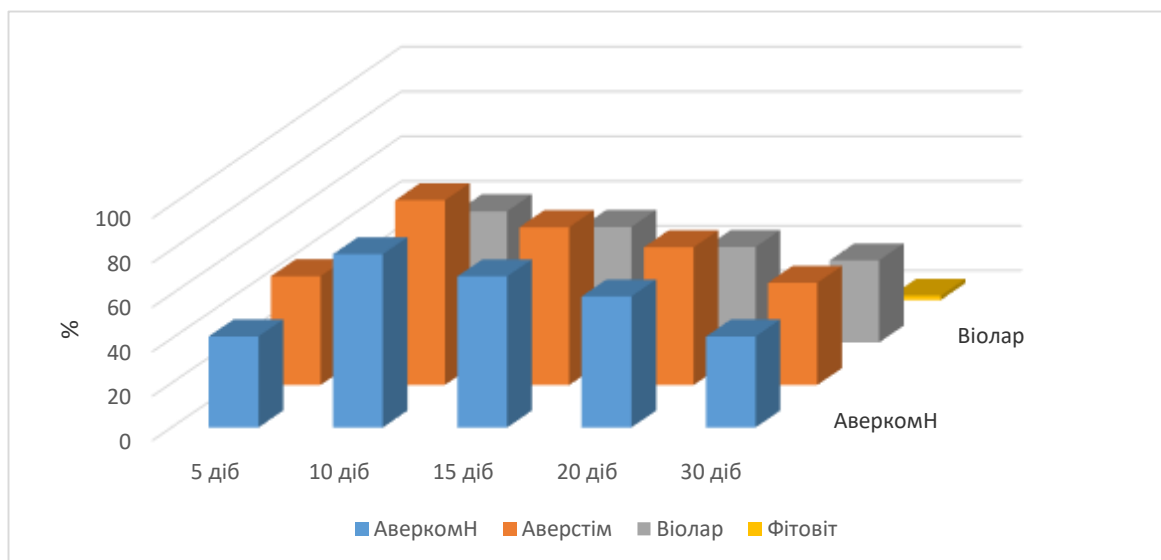


Рис. 6.12. Технічна ефективність мікробіологічних препаратів проти комплексу фітопаразитичних нематод на конюшині (ПОП ім. Войкова Чернігівського р-ну Чернігівської обл., 2017-2019 р.р)

Склад біопрепарату Біолару містить комплекс біологічно-активних речовин, продукованих стрептоміцетом *Streptomyces violaceus* (препарат не містить живих клітин бактерій). Включає природні речовини антрациклінової природи та фізіологічно активні речовини і вільні амінокислоти, вітаміни групи В, ліпіди (фосфоліпіди, стерини, жирні кислоти), фітогормони- стимулятори (ауксини, цитокініни, гібереліни, брасиностероїди) та ін.

Біопрепарат Фітовіт включає комплекс активних речовин, продукованих *Streptomyces netropsis* (не містить живих клітин бактерій). Проявляє виражену фітостимулюючу і імуномодулюючу дію на рослини, яка зумовлена наявністю природних антибіотичних речовин полієнової природи та фізіологічно-активних речовин продуктів метаболізму продуцента, а саме амінокислот, вітамінів групи В ліпідів (фосфоліпіди, стерини, жирні кислоти), фітогормонів-стимуляторів (ауксини, цитокініни, гібереліни, брасиностероїди) та ін. [65].

Таким чином, низька протинематодна ефективність Фітовіту ймовірно обумовлена наявністю в його складі синтезованих антибіотиків різної хімічної природи (рис.5.7). Зокрема в Аверкомі^Н і Аверстімі це макролідні антибіотики

авермектини, у Віюларі – антрациклінові антибіотики, а Фітовіті – полієнові [60, 65].

Таблиця 6.3

**Технічна і господарська ефективність передпосадкової обробки бульб
стійких до золотистої картопляної нематоди сортів картоплі
метаболічними біопрепаратами
(ПОП ім. Войкова Чернігівської області, 2017-2019 рр.)**

№	Сорти	Норма витрати, л/т	Заселеність, яєць+личинок/100 см³ ґрунту		Зниження чисель- ності, %	Середня урожайність, т/га
			До посадки	Після збирання урожаю		
1	Дніпрянка (ранній)	Без обробки (контроль)	8037±324	2588±217	67,8	14,43
		АверкомН, 0,4 л/т	8262±258	1719±176	79,2	15,21
		Аверстім, 1,0 л/т	7983±191	1326±231	83,4	16,39
2	Забава (середньо- ранній)	Без обробки (контроль)	7812±267	2218±146	71,6	15,74
		АверкомН, 0,4 л/т	8156±309	1459±183	82,1	17,26
		Аверстім, 1,0 л/т	7974±232	987±162	87,6	18,53
3	Слов'янка (середньо- стиглий)	Без обробки (контроль)	8353±241	1812±194	78,3	19,68
		АверкомН, 0,4 л/т	8192±187	1293±159	84,2	20,94
		Аверстім, 1,0 л/т	8218±215	682±127	91,7	22,07
НІР ₀₅						0,64

Поліфункціональні метаболічні препарати для передпосівної обробки насіння рослин-живителів найбільш доцільно використовувати за вихідної заселеності ґрунту цистоутворюючими нематодами, що не перевищує економічні пороги шкідливості понад три рази.

На картоплі досадивна обробка бульб біопрепаратами з рістстимулюючими властивостями позитивно впливала на розвиток кореневої системи та активацію виплодження личинок із цист, які інвазували сходи, однак не завершували повного циклу розвитку в стійкому сорті. Поєднання імунологічного методу із застосуванням метаболічних препаратів поліфункціональної дії (фітоахисної, рістстимулюючої, адаптогенної) забезпечувало вищу ефективність біологічного очищення ґрунту від золотистої картопляної нематоди порівняно з використанням лише стійких сортів пасльонових культур (табл. 6.3) [179, 182].

Середня урожайність у варіанті дослід з досадивною обробкою бульб різних сортів картоплі Аверстімом перевищувала показники контролю (без застосування мікробіологічних препаратів) на 1,96 - 2,79 т/га, а Аверкому^Н –

Висновки: Серед сучасного асортименту протруйників, вимогам екологічної безпечності, найбільше відповідають мікробіологічні препарати. Використання метаболічних біопрепаратів поліфункціональної дії найбільш ефективно за вихідної заселеності ґрунту, що не перевищує економічні пороги шкідливості цистоутворюючих нематод понад три рази.

РОЗДІЛ 7

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ШКІДЛИВОСТІ ЦИСТОУТВОРЮЮЧИХ НЕМАТОД

Достовірний прогноз потенційних втрат урожаю залежно від рівня вихідної заселеності ґрунту цистоутворюючими нематодами дає змогу економічно обґрунтувати та диференціювати заходи захисту залежно від їх окупності.

Заселяючи сходи зернових культур уже на початкових фазах розвитку, паразитарні личинки вівсяної нематоди викликають затримку їх росту та значні розлади фізіологічних процесів. Зокрема, інвазовані рослини колосових відрізнялися від неуражених слабким коефіцієнтом кушення, хлорозом листків, що пізніше призводило до формування меншої частки продуктивних стебел і колосків [26].

Серед колосових культур вища толерантність жита озимого зумовлена швидким відростанням сходів навесні, що давало змогу в середньому на два тижні раніше інших зернових досягнути фази виходу в трубку. Завдяки цьому, масове з'явлення самиць на коренях не співпадало з найбільш критичними фазами росту і розвитку, коли рослини найбільше потерпають від порушення водного балансу.

Ячмінь, на відміну від інших колосових, є менш вибагливою до умов зволоження культурою. Тому, на заселених вівсяною нематодою площах, першочергово завдяки кращій посухостійкості рослин зниження врожаю відбувалося в менших межах порівняно з пшеницею ярою і вівсом.

Невимогливість до технологічних умов вирощування і висока витривалість до вівсяної нематоди, дозволяють за необхідності збільшення виходу фуражного зерна, віддавати перевагу саме посівам тритикале.

Вибагливість до гідротермічного режиму і співпадіння найбільш критичних фаз органогенезу – вихід рослин в трубку і утворення волоті з масовим з'явленням самиць на коренях рослин, зумовлювало найбільше зниження продуктивності вівсу на заселених вівсяною нематодою угіддях.

Згідно результатів експериментальних досліджень, поріг толерантності вівса до вівсяної нематоди знаходиться в межах 60-80, пшениці ярої – 80-100, пшениці озимої – 140-160, тритікале – 150-180, жита озимого – 180-200, ячменю – 200-230 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту перед посівом злакових культур [9, 42].

Економічний поріг шкідливості відповідно становить від 100 до 350 яєць і личинок залежно від виду колосової культури, технологічних та ґрунтово-кліматичних умов.

Золотиста картопляна нематода є одним із небезпечних шкідливих організмів картоплі. Вирощування пасльонових в монокультурі присадибного сектору призводить до накопичення високої чисельності і як наслідок, значним втратам урожаю (рис. 7.1).

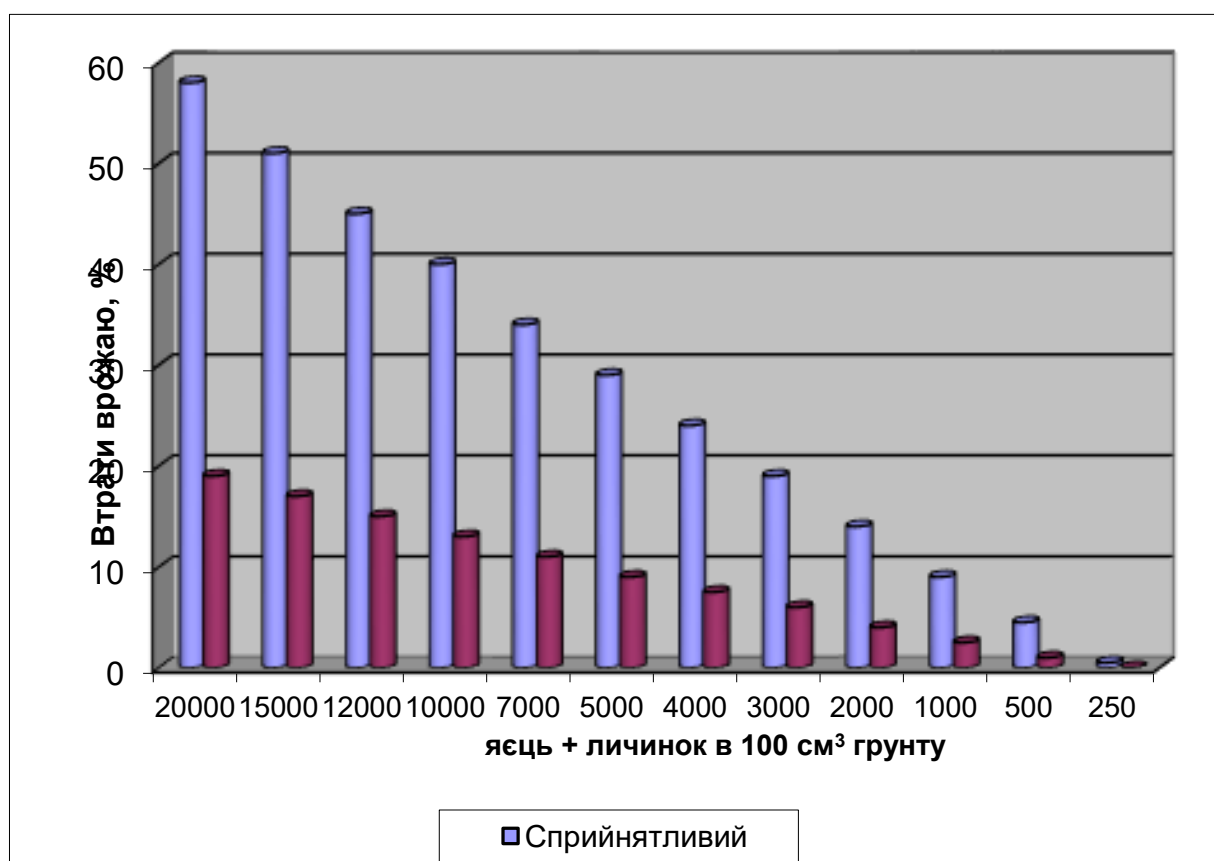


Рис. 7.1. Потенційні втрати урожаю картоплі сприйнятливого сорту Скарбниця та стійкого сорту Мелодія від золотистої картопляної нематоди (сmt. М-Коцюбинське Чернігівського р-ну Чернігівської обл., 2008-2011 pp.)

На даний час основним, а часто і єдиним заходом захисту картоплі від глободерозу є вирощування стійких сортів. Основний механізм стійкості рослин проти фітонематод полягає в активації імунних реакцій надчутливості. Проте живлячись в коренях рослин, вони зумовлюють зниження урожаю, а за тривалого вирощування стійких сортів існує ризик формування резистентних популяцій.

Серед багаторічних бобових трав найбільш поширені люцерна і конюшина. Їх вирощують як в чистих посівах, так і в багатокomпонентних сумішках польових, кормових і ґрунтозахисних сівозмін. На зелений корм бобові трави переважно висівають рядковим способом, здебільшого під покрив ярого ячменю.

Для насіннєвих цілей використовують також літні широкорядні безпокровні посіви. За оптимального режиму зволоження ґрунту і гарантованого отримання дружніх сходів, літні строки сівби люцерни вважаємо доцільними в осередках поширення люцернової нематоди (рис. 7.2).

Багаторічні трави відзначаються повільним ростом на початкових фазах органогенезу, тому сильно пригнічуються покривною культурою, а також бур'янами. Заселеність нематодами таких фізіологічно ослаблених рослин призводить до їх передчасної загибелі і, як наслідок, зрідженості сходів. Перед виходом в зимівлю, зниження густоти травостою в осередках поширення цистоутворюючих нематод було від 4,7 до 23,8% порівняно з незаселеними ділянками.

Значна пригніченість багаторічних трав в природних фітоценозах зумовлювала також формування переважно злакового травостою. Тому, перед проведенням залуження чи здійсненні заходів щодо поліпшення існуючих кормових угідь, доцільно їх попередньо обстежувати на заселеність цистоутворюючими нематодами.

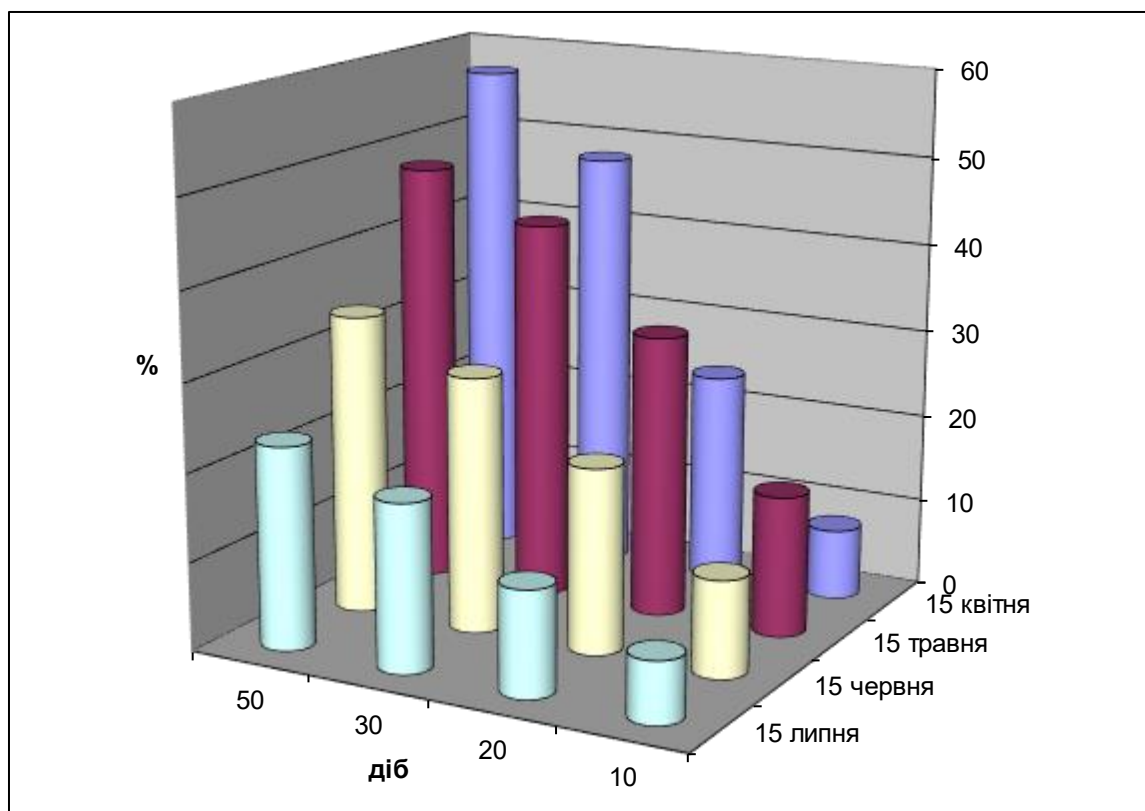


Рис. 7.2. Ступінь виплоджування личинок із цист залежно від строків сівби люцерни сорту Полтавчанка (дослідне господарство „Степне” Полтавського інституту агропромислового виробництва, 2001-2004 р.р.)

Зокрема, при виявленні конюшинної нематоди слід висівати люцерну, люцернової нематоди – конюшину, а разі їх сумісного заселення, віддавати перевагу вирощуванню еспарцету.

Візуальні ознаки ураження: затримка росту і розвитку рослин, зменшення кількості вегетаційних бруньок, хлороз листків, проявлялися за вихідної чисельності понад 500 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту. У період формування генеративних органів критичними для багаторічних трав були фази бутонізації і цвітіння. За умови співпадіння даних фаз органогенезу з масовим з’явленням самиць на коренях, уражені рослини, особливо в посушливі періоди потерпали від нестачі вологи, сильно пригнічувалися, передчасно засихали.

Проникнення кореневої системи на значну глибину забезпечувало вищу посухостійкість та витривалість люцерни до седентарних нематод порівняно з

конюшиною. Так, уже в кінці першого року вегетації корені люцерни заглиблюються на 110-135 см, а в наступні – понад два метри. У конюшини коренева система під покривною культурою досягала глибини всього 40-55 см, а рослин другого-третього років вегетації не перевищувала 145-180 см.

За аналогічних рівнів вихідної чисельності гетеродерід, урожайність зеленої маси конюшини була вищою на посівах першого року (табл. 7.1), а насіння з другого укосу. Втрати урожаю зеленої маси були дещо більшими на конюшині другого року вегетації [42].

Таблиця 7.1

Втрати урожаю зеленої маси конюшини лучної сорту Носівська 5 залежно від рівня заселеності ґрунту конюшиною нематодою (Агрофірма ім. Розумовських Козелецького р-ну Чернігівської обл., 1999-2002 р.р)

Вихідна чисельність, яєць і личинок/100 см ³ ґрунту	Конюшина 1 року вегетації		Конюшина 2 року вегетації	
	Урожайність за 2 укоси, т/га	%	Урожайність за 2 укоси, т/га	%
0	32,7	0	24,6	0
250±32	31,9	2,4	23,8	3,2
500±59	30,5	6,7	22,3	9,3
750±94	28,2	13,8	20,4	17,1
1000±67	26,3	19,6	18,9	23,2
НІР ₀₅	1,39		1,23	

Продуктивність насінників була найбільшою з проміжного укосу, а найменшою з першого укосу (рис. 7.3).

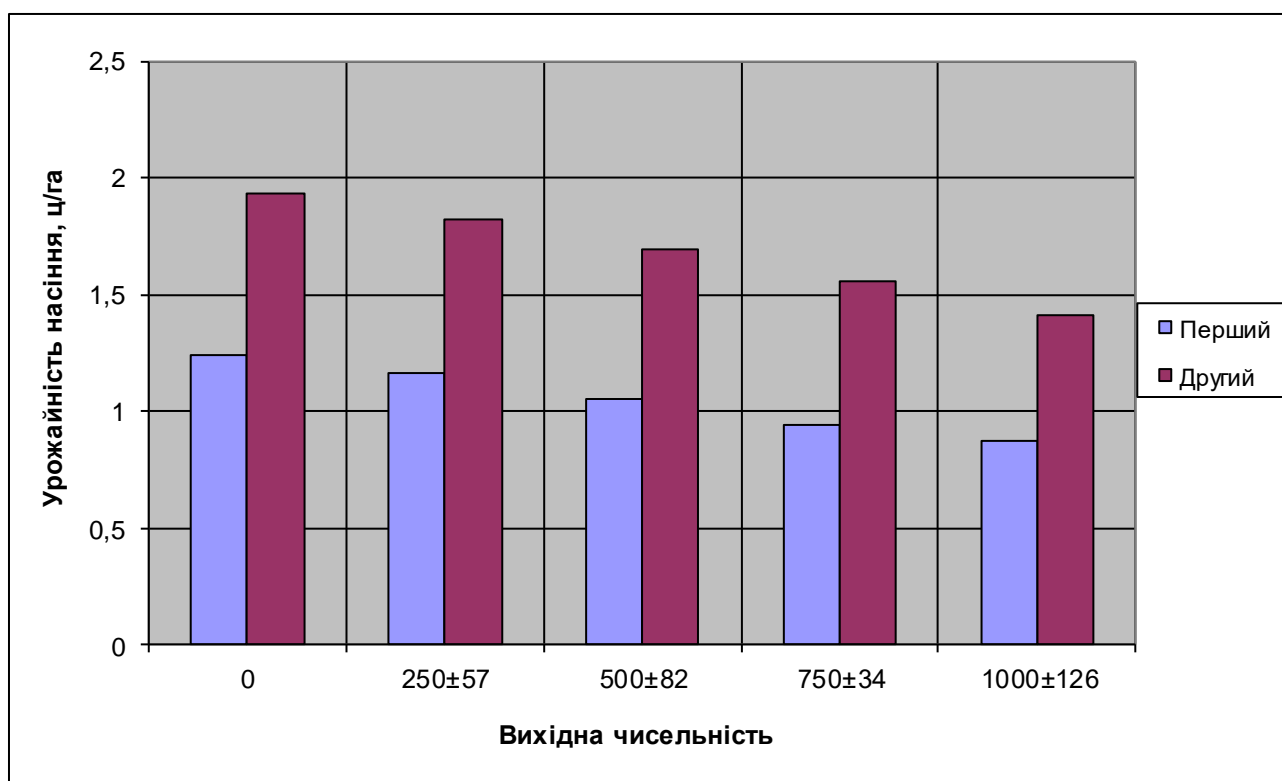


Рис. 7.3. Урожайність насіння конюшини лучної сорту Носівська 5 залежно від рівня заселеності ґрунту конюшинною нематодою і термінів збирання врожаю (Агрофірма ім. Розумовських Козелецького р-ну Чернігівської обл., 2001-2003 р.р.)

Урожайність зеленої маси люцерни також була вищою з посівів першого року, а втрати урожаю більшими на люцерні другого року використання (табл. 7.2).

Статистично достовірне зниження урожайності конюшини лучної першого року вегетації відбувається за вихідної заселеності близько 400, другого року 350, насінневих посівів 200-250 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту. Для фуражних посівів люцерни першого і другого років ці показники відповідно складають 450-550, а насінників 300-350 яєць і личинок в 100 см³ ґрунту.

Таблиця 7.2

Втрати урожаю зеленої маси люцерни сорту Полтавчанка залежно від рівня заселеності ґрунту люцерновою нематодою (дослідне господарство „Степне” Полтавського інституту агропромислового виробництва, 2001-2004 р.р.)

Вихідна чисельність, яєць і личинок/100 см ³ ґрунту	Люцерна 1 року використання		Люцерна 2 року використання	
	Урожайність за 2 укоси, т/га	%	Урожайність за 2 укоси, т/га	%
0	47,8	0	36,4	0
250±19	46,9	1,9	35,6	2,1
500±57	45,6	4,6	34,1	6,3
750±116	42,4	10,3	31,5	13,4
1000±62	40,7	14,9	29,6	18,7
НІР ₀₅	1,58		1,31	

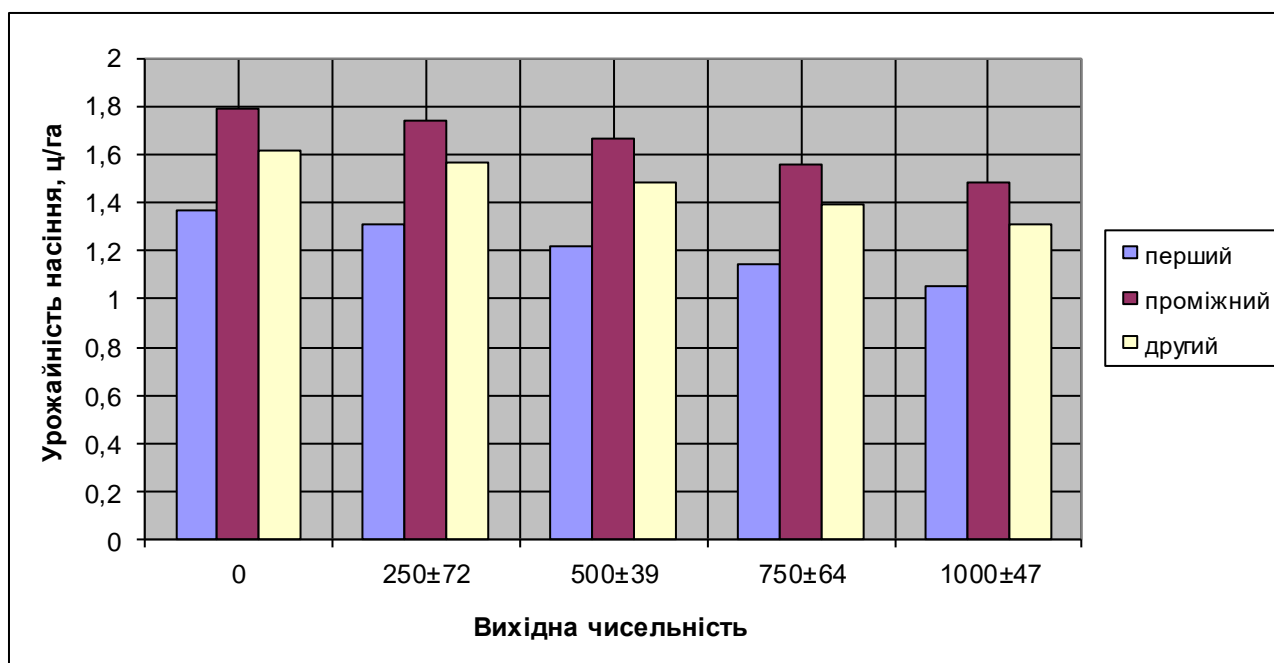


Рис. 7.4. Урожайність насіння люцерни сорту Полтавчанка залежно від рівня заселеності ґрунту люцерновою нематодою і термінів збирання врожаю (дослідне господарство „Степне” Полтавського інституту агропромислового виробництва, 2001-2004 р.р.)

Зведені економічні пороги шкідливості, розраховані на 3-5% рівень втрат урожаю від цистоутворюючих нематод, для сучасних ресурсозберігаючих технологій вирощування основних сільськогосподарських культур, наведено в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3

Економічні пороги шкідливості домінуючих видів цистоутворюючих нематод

Цистоутворюючі нематоди	Сільськогосподарські культури	ЕПШ (яєць+личинок в 100см ³ ґрунту)
<i>Зернові колосові:</i>		
Вівсяна	Овес	100-125
	Пшениця яра	200-225
	Пшениця озима	275-300
	Ячмінь ярий	225-250
	Ячмінь озимий	325-350
	Жито озиме	300-325
<i>Капустяні олійні культури:</i>		
Бурякова	Ріпак ярий (насіння)	250-300
	Ріпак озимий (насіння)	300-350
<i>Конюшина лучна:</i>		
Конюшинна	зелена маса	350-400
	насіння	200-250
<i>Люцерна посівна:</i>		
Люцернова	зелена маса	450-550
	насіння	300-350

На рівень заселеності сходів личинками нематод та перебіг патологічного процесу в уражених рослинах суттєво впливали також погодні умови. Оптимальна чи підвищена вологість ґрунту на початку вегетаційного періоду

сприяла подовженню виходу личинок із цист та збільшенню рівня інвазованості ними коренів рослин-живителів. Тому, за аналогічних вихідних чисельностей цистоутворюючих нематод, втрати урожаю були вищими в роки з достатнім зволоженням на початку першої і посушливою (ГТК - 0,4-0,9) другою половиною вегетаційного періоду (табл. 7.4).

Таблиця 7.4

Коефіцієнти перерахунку потенційних втрат урожаю в осередках поширення цистоутворюючих нематод залежно від гідротермічних умов вегетаційного періоду

ГТК в різні періоди вегетації		Поправочний коефіцієнт
IV-VI	VII-X	
0,4-0,9	0,4-0,9	1,1-1,0
	1,0-1,6	0,9-0,8
	1,7-2,2	0,8-0,7
1,0-1,6	0,4-0,9	1,2-1,1
	1,0-1,6	1,0-0,9
	1,7-2,2	0,9-0,8
1,7-2,2	0,4-0,9	1,3-1,2
	1,0-1,6	1,1-1,0
	1,7-2,2	1,0-0,9

Раньо-весняні посухи призводили до зниження запасів продуктивної води особливо в орному шарі ґрунту, що уповільнювало інтенсивність заселення личинками другого віку коренів рослин, а оптимальний режим зволоження в літні місяці позитивно впливав на витривалість уражених рослин.

За надмірного зволоження та прохолодної погоди спостерігалася тенденція до зниження потенційних втрат урожаю від фітопаразитичних нематод.

Таким чином, комплексна оцінка умов зволоження за окремі періоди органогенезу рослин забезпечує вищу достовірність прогнозу шкідливості цистоутворюючих нематод порівняно з середнім показником рівня вологозабезпеченості всього вегетаційного сезону.

Висновки: економічний поріг шкідливості вівсяної нематоди для вівса становить 100-125, пшениці ярої – 200-225, ячменю ярого – 225-250, пшениці озимої – 275-300, жита озимого – 300-325, ячменю озимого – 325-350 яєць і личинок у 100 см³ ґрунту перед посівом злакових культур.

Для насіннєвих посівів ріпаку ярого економічний поріг шкідливості у межах 250-300, а озимого 300-350 яєць і личинок бурякової нематоди. Статистично достовірне зниження урожайності конюшини лучної першого року вегетації відбувалося за вихідної заселеності близько 400, другого року – 350, насіннєвих посівів 200-250 яєць і личинок у 100 см³ ґрунту. Для фуражних посівів люцерни першого і другого років ці показники відповідно складають 450 і 550, а насінників – 300-350 яєць і личинок у 100 см³ ґрунту.

– комплексна оцінка умов зволоження за окремі періоди органогенезу рослин забезпечує вищу достовірність прогнозу шкідливості цистоутворюючих нематод порівняно з середнім показником рівня вологозабезпеченості всього вегетаційного сезону.

РОЗДІЛ 8

НАУКОВІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ПОПУЛЯЦІЯМИ ГЕТЕРОДЕРІД

8.1 Концептуальна модель впливу домінуючих екологічних факторів на гетеродерід

Багаторічні дослідження впливу абіотичних, біотичних та антропогенних чинників на популяції цистоутворюючих нематод дали змогу виділити домінуючі з них (рис. 6) та вдосконалити комплекс протинематодних заходів.

Встановлено, що найбільші флуктуаційні зміни чисельності популяцій зумовлюють генетично закріплені видові та сортові особливості рослин: сприйнятливі, толерантні, стійкі ($R = 0,96$).

Метеорологічні умови безпосередньо або побічно впливали на тривалість розвитку та інтенсивність розмноження цистоутворюючих нематод. Від кількості опадів, особливо в літній період, залежали вологість ґрунту, ступінь виплодження та заселення личинками рослин-живителів. Встановлено, що найуразливішим місцем у життєвому циклі цистоутворюючих нематод є фаза личинок другого віку після їх виходу із цист і перебування у ґрунті у вільноживучому стані. Після проникнення інвазійних личинок у корені рослин вплив гідротермічних умов проявлявся переважно опосередковано ($R = 0,58$). Найбільше зниження чи накопичення рівня заселеності ґрунту цистоутворюючими нематодами відбувалося в оптимальні за зволоженістю і температурним режимом роки (ГТК у межах 1,0–1,6), а їх лімітуюча дія проявлялася в посушливі періоди (ГТК – 0,4–0,9) і менше – у прохолодні вологі роки (ГТК – 1,7–2,2). Застосування системи органо-мінерального живлення є одним із дієвих чинників впливу на ріст, розвиток рослин та їх продуктивність ($R=0,72$), однак оптимізація умов їх живлення забезпечувала у більшості дослідів вищий потенціал розмноження цистоутворюючих нематод ($R = 0,67$). Вміст гумусу є одним із критеріїв оцінки родючості різних типів ґрунту. За досить помірних обсягів внесення органічних добрив, вміст поживних речовин у гумусному прошарку залишається одним із основних джерел живлення рослин ($R = 0,36$) [42].

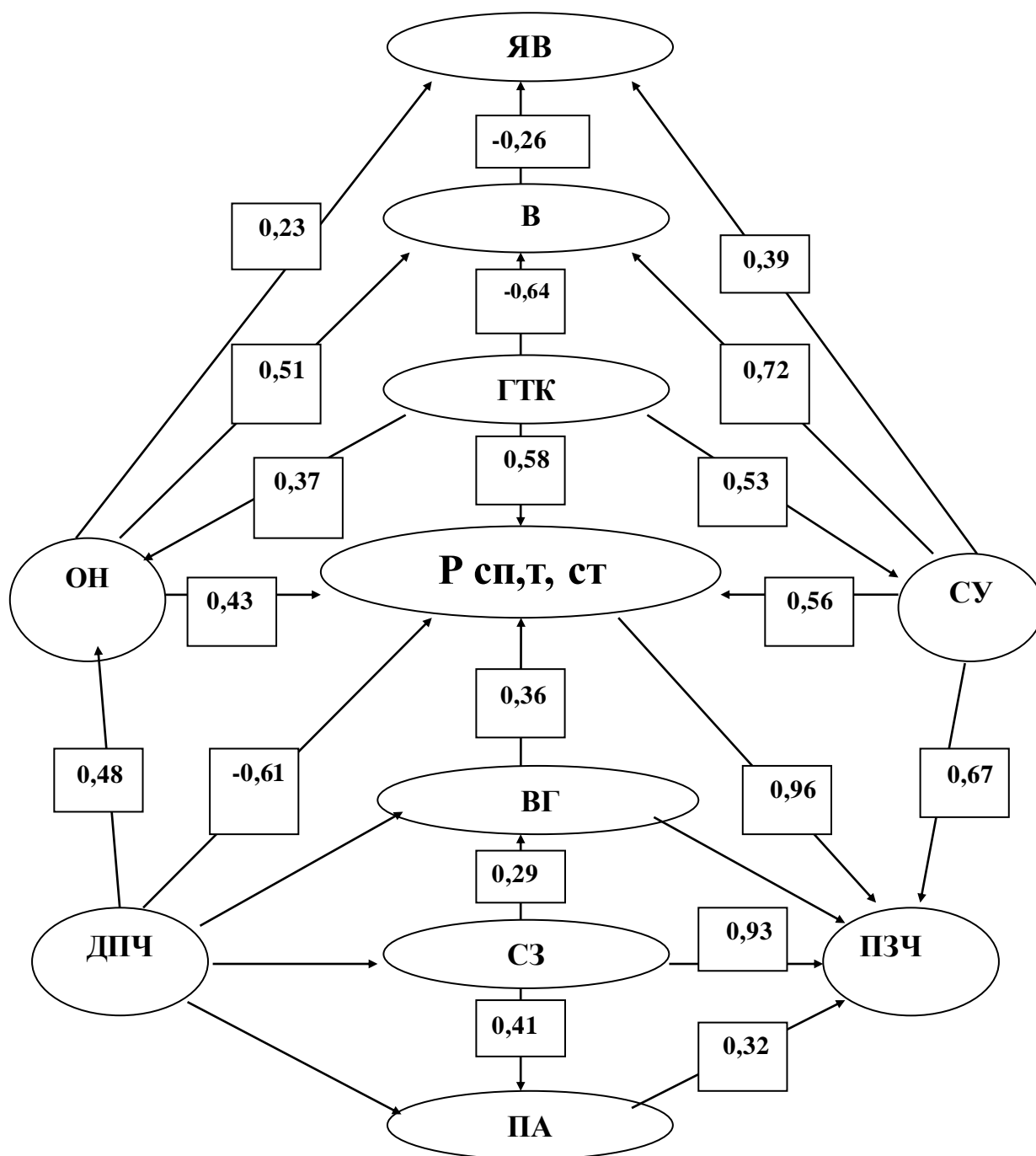


Рис. 8.1. Схема кореляційної залежності впливу домінуючих абіотичних, біотичних і антропогенних чинників на популяції цистоутворюючих нематод, урожайність та якість продукції

Р (Сп, Т, Ст.) – рослини (сприйнятливі, толерантні, стійкі), ГТК – гідротермічний коефіцієнт, У- урожайність, ЯУ –якість урожаю, ВГ –вміст гумусу, СЗ –сівозміна, ПА – природні антагоністи, ОН –обробка насіння захисно стимулюючими речовинами, СУ – система удобрення, ДПЧ і ПЗЧ– допосівна та післязбиральна чисельності нематод

Також від вмісту гумусу залежала вологоємність ґрунтів, що в сукупності з іншими едафічними факторами визначала умови життя пойкилотермних видів.

Передпосівна обробка насіння біопрепаратами поліфункціональної дії знижує заселеність початкових фаз органогенезу рослин, підвищує витривалість їх до фітонематод ($R = 0,43$) та забезпечує формування оптимальної густоти сходів ($R = 0,51$). Використання обробленого захисно-стимулюючими речовинами посівного матеріалу було найефективніше за допосівних щільностей цистоутворюючих нематод, що не перевищували економічні пороги шкідливості у понад три рази ($R = 0,48$).

Виявлено також прямий і опосередкований вплив кліматичних умов на ріст, розвиток рослин і тривалість захисної дії протруйників ($R = 0,37$). Для досягнення високої протинематодної ефективності доцільно висівати насіння, оброблене захисно-стимулюючими речовинами, в ранні оптимальні терміни для кожної ґрунтово-кліматичної зони із корекцією на погодні умови поточного року. За переважно факультативного типу паразитизму абіотичні умови також істотно впливали на ефективність природних антагоністів ($R = 0,32$). Активації життєдіяльності регуляторних чинників сприяло насичення сівозмін багаторічними бобовими та використання сидеральних культур ($R = 0,41$) [5].

Отже, протинематодні сівозміни є основним обмежуючим чинником запобігання масовому розмноженню цистоутворюючих нематод за умови науково обґрунтованого чергування культур ($R = 0,93$). Щорічна заміна більшості компонентів рослинних угруповань у культурних фітоценозах зумовлює різкі флуктуації чисельності седентарних фітопаразитів, порівнюючи з біоценозами. В основному від частки рослин-живителів та їх ротаційного розміщення залежав рівень заселеності ґрунту цистоутворюючими нематодами.

8.2 Екологічно-орієнтована система фітосанітарного контролю цистоутворюючих нематод

Розроблена екологічно орієнтована система фітосанітарного контролю передбачає обов'язкові заходи, які треба застосовувати незалежно від рівня вихідної щільності популяцій, і допоміжні, специфічні для кожної культури та виду цистоутворюючих нематод (рис. 8.2, 8.3, табл. 7) [7, 8.19, 22, 40, 49, 51].

Для запобігання масового накопичення чисельності популяцій цистоутворюючих нематод необхідно в структурі посівних площ дотримуватися рекомендованої частки рослин-живителів та їх оптимального чергування з несприйнятливими до розмноження культурами. В сівозмінах з короткою ротацією для досягнення нормативних термінів повернення споріднених культур на попереднє місце, доцільно рослинами-живителями поперемінно займати лише половину площі заселених цистоутворюючими нематодами полів. Почергове розміщення рослин-живителів в різних частинах поля забезпечує дворазове збільшення перерви між їх повторним розміщенням, що суттєво підвищує протинематодну ефективність сучасних сівозмін.

На слабозаселених вівсяною нематодою полях слід віддавати перевагу вирощуванню ярих, а середньозаселених – озимих колосових культур. Для зниження рівня заселеності личинками початкових фаз росту та розвитку рослин зернові колосові, багаторічні трави доцільно висівати, а картоплю висаджувати в ранньо-оптимальні терміни з урахуванням агрокліматичних умов поточного року.

Насичення сівозмін пасльоновими культурами до 10% від загальної площі не сприяє масовому розмноженню золотистої картопляної нематоди. За більшої частки пасльонових, сприйнятливі сорти картоплі слід розміщувати у ланці з тривалішою (4-5 річною) перервою, а стійкі з 2-3 річною перервою. На присадибних ділянках в дрібних осередках до 5 м²

доцільно вирощувати редис, петрушку, кріп, квасоллю та інші овочеві (крім пасльонових) культури. В невеликих осередках 5-10 м² краще розміщувати огірки, цибулю, часник, моркву, буряки столові. Сильно заселені крайові ділянки слід займати впродовж декількох років суницями, а розміщені на основній частині угідь, площею декілька соток – багаторічними бобовими травами (конюшиною, люцерною, еспарцетом). Такий диференційований підхід забезпечує максимально ефективне господарське використання присадибної ділянки в осередках поширення золотистої картопляної нематоди.

Для досягнення високої протибур'янової, а відповідно і протинематодної ефективності слід дотримуватися оптимальної ротаційної послідовності, запобігати повторним посівам близькоспоріднених культур та насичувати сучасні сівозміни проміжними капустяними культурами.

Переривання біологічного циклу розвитку цистоутворюючих нематод забезпечує раннє скошування посівів жита озимого на зелений корм в кінці травня з одночасним проведенням полицевого обробітку ґрунту, збирання урожаю в стислі терміни ранніх сортів картоплі, вибірково-локальне викопування бульб в мікроосередках найбільшого ураження кущів картоплі глободерозом, а також локальне заорювання зріджених, сильно пригнічених посівів багаторічних бобових трав після збирання урожаю в середині липня.

Комбінована система обробітку ґрунту в сівозмінах, за поєднання полицевого обробітку під технічні і просапні культури та безполицевого під інші культури, запобігає масовому накопиченню щільності популяцій у верхньому шарі ґрунту.

Залучення в кругообіг побічної продукції рослинництва: соломи зернових колосових, ріпаку, сої, гички, а також сидеральних культур є джерелом надходження в ґрунт органічної речовини та активації життєдіяльності природних-антагоністів цистоутворюючих нематод.



Рис. 8.2. Комплекс протинематодних заходів захисту для отримання запрограмованої урожайності основних сільськогосподарських культур



Рис. 8.3. Комплекс допоміжних протинематодних заходів захисту для отримання запрограмованої урожайності основних сільськогосподарських культур

Таблиця 8.1

Концептуальні основи контролю цистоутворюючих нематод

№ з/п	Строки проведення	Мета	Технологія виконання	Щільність популяції, яєць та личинок / 100 см ³ ґрунту	Захисні заходи
1	1 раз за ротацію культур всіх полів сівозмін	Уточнення рівня заселеності <i>H. avenae</i>	Відбір і аналіз ґрунтових зразків	Економічний поріг шкідливості (ЕПШ)– 100–350 (залежно від виду колосової культури)	Для запобігання масового накопичення вівсяної нематоди насичення сівозмін зерновими колосовими культурами не має перевищувати 40 %
	– // –	<i>H. trifolii</i> та <i>H. medicaginis</i>	– // –	Для фуражних посівів конюшини ЕПШ – 350–400, насінневих 200–250; люцерни – 450–550 і 300–350	Насиченість сівозмін багаторічними бобовими травами не має перевищувати 30 % (поле під покривом зернових колосових + багаторічні трави – 1-2 річного використання)
	Допосадковий після-збиральний, вегетаційний періоди	Виявлення осередків <i>G. rostochiensis</i>	Відбір ґрунтових та рослинних зразків (у період цвітіння)	Незалежно від рівня вихідної чисельності	Накладання карантину. Розроблення плану захисних заходів
2	Ротаційний період	Ліквідація осередків <i>G. rostochiensis</i>	Вирощування несприйнятливих культур: багаторічних	Вихідна чисельність: >5000 1000–5000	<i>В сільськогосподарських підприємствах:</i> Люпин, пшениця озима, буряки цукрові, вико-овес, кукурудза

			бобових трав, зернових колосових, кукурудзи, зернобобових, буряків тощо)	<1000 >5000 1000–5000 <1000	Ячмінь з підсівом конюшини, конюшина, пшениця озима, буряки кормові Горох, пшениця озима, кукурудза <i>В особистих селянських господарствах:</i> Суниці, зеленні культури, буряки столові, стійкі сорти картоплі Морква, капуста, огірки, горох овочевий, стійкі сорти картоплі Цибуля, часник, квасоля, стійкі сорти картоплі
	– // –	Зниження заселеності грунту до економічно невідчутно- го рівня: <i>H. avenae</i>	Вирощування несприйнятливих культур: бобові трави, буряки, картопля, зернобобові, соняшник	Вихідна чисельність: 500 1000 2000 3000	Орієнтовні строки повернення рослин- живителів на попереднє місце, років: 1–2 3 4 5
	– // –	<i>H. trifolii ma</i> <i>H.</i> <i>medicaginis</i>	Зернові, буряки, картопля, кукурудза, соняшник	500 1000 2000 3000	1–2 3 4 5
3	У період ротації с.-г. культур	Активация природних антагоністів	Органічна система землеробства	Незалежно від рівня заселеності ґрунту	Насичення сівозмін багаторічними бобовими травами, систематичне внесення органічних добрив, побічної продукції та сидератів

4	Вегетаційний період	Знищення бур'янів – резерваторів	На всіх полях	Незалежно від рівня заселеності ґрунту	Уникнення повторних посівів споріднених культур, насичення сівозмін проміжними культурами
5	Допосівний період	Запобігання втрат врожаю	Вибір виду багаторічних бобових трав	Незалежно від рівня заселеності ґрунту	За виявлення конюшинної нематоди висівають люцерну, люцернової – конюшину, а за сумісного заселення полів – еспарцет
6	– // –	Зниження рівня інвазованості сходів личинками	Передпосівна обробка насіння та бульб захисно-стимулюючими речовинами	При допосівній чисельності, що не перевищує ЕПШ понад 3 рази	Посів (садіння) в оптимальні строки насінням (бульбами), обробленими біопрепаратами (АверкомН, 0,04 л/т та Аверстім, 1,0 л/т)
7	Вегетаційний період	Запобігання масовому розмноженню	Переривання біологічного циклу (на початковій фазі онтогенезу самиць)	>50 самиць/рослину конюшинної, люцернової нематод; >100 самиць/рослину ЗКЦН	Оранка дуже зріджених посівів багаторічних трав (після збирання врожаю); вибіркове викопування сильно уражених кущів картоплі (на початку цвітіння).
8	Весняно-літній наступного року	– // –	Проведення фітопрочисток посівів	Незалежно від рівня заселеності ґрунту	Видалення небажаної рослинності: сходів картоплі із бульб, що перезимували в ґрунті та кущів багаторічних бобових трав

Логічне поєднання екологічно-безпечних протинематодних заходів дає змогу ефективно контролювати щільність популяцій цистоутворюючих нематод на економічно невідчутному рівні та запобігати втратам врожаю сільськогосподарських культур.

ВИСНОВКИ

У дисертації теоретично обґрунтовано, експериментально доведено та представлено системний підхід до вивчення седентарних фітопаразитичних нематод родини Heteroderidae Scarbilovich, 1947, розробки сучасного нематологічного моніторингу та екологічно безпечних заходів їх фітосанітарного контролю.

1. За період проведення досліджень виявлено 12 видів гетеродерід, з них 10 належить до роду *Heterodera*: *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871 – бурякова; *Heterodera medicaginis* Kirjanova, 1971 – люцернова; *Heterodera trifolii* Goffart 1932 – конюшинна; *Heterodera avenae* (Wollenweber, 1924) Krall et Krall, 1978 – вівсяна; *Heterodera filipjevi* (Madzhidov, 1981), Stelter, 1984 – пшенична; *Heterodera hordecalis*, Anderson, 1974 – ячмінна; *Heterodera humuli* Filipjev, 1934 – хмельова; *Heterodera cruciferae* Francin, 1945 – капустяна; *Heterodera ripae* Subbotin, Sturhan, Waeyenberge, Moens, 1997 – струмкова; *Heterodera galeopsidis* Goffart, 1936 – жабрієва цистоутворююча нематоди. До родів *Globodera* і *Punctodera* належать по 1 виду: *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923), Behrens, 1975 – золотиста картопляна і *Punctodera punctata* (Thorne, 1928) Mulvey, Stone, 1976 – злакова цистоутворююча нематоди.

2. Встановлено, що найбільших збитків нині завдають – бурякова, вівсяна, золотиста картопляна й хмельова нематоди. Їх поширення в основному співпадає з районами традиційного вирощування буряків цукрових, зернових колосових, картоплі і хмелю, що свідчить про високий ступінь їх трофічної спеціалізації, набутий впродовж тривалої сумісної еволюції.

За накопичення високої чисельності втрати врожаю багаторічних бобових трав зумовлюють: конюшинна і люцернова цистоутворюючі нематоди. Потенційно небезпечною для конюшини є також жабрієва нематода; зернових колосових – пшенична та ячмінна цистоутворюючі нематоди; капусти – капустяна цистоутворююча нематода; злакова і

струмкова, поширені переважно у біоценозах, проте зустрічаються також і в агроценозах.

3. Обґрунтовано, що для визначення видового складу цистоутворюючих нематод, крім загальновизнаних критеріїв, доцільно використовувати також комплекс інших морфоанатомічних і біологічних ознак: форму і середні розміри цист у межах популяції; особливості будови та розміщення головного та вульварного конусів; характер пунктирування кутикули; наявність чи відсутність буллі, їх форму, розміри, розміщення; будову вульварного містка, довжину вульварної щілини, наявність чи відсутність нижнього містка, а в період онтогенезу – формування та стійкість субкристалінового шару; наявність яйцевих мішків та здатність до відкладання в них яєць; особливості проходження хромогенезу самицями; партеногенез; трофічну спеціалізацію видів.

4. Доведено, що морфологічну ідентифікацію цистоутворюючих нематод доцільно поєднувати з діагностуванням ґрунту за допомогою вдосконаленого лабораторного методу біотестування та розробленого способу біологічного тестування у польових умовах, використовуючи як рослини-живителі типові для такої зони культури. Для проведення аналізу зразків бульбо- та коренеплідної продукції на заселеність цистоутворюючими нематодами доцільно застосовувати розроблений переносний цистовиділювач. Результати порівняльної оцінки модифікованого базового цистовиділювача і розробленого пристрою засвідчили в 1,5–3 рази вищу ефективність виявлення, особливо низьких допосадкових щільностей золотистої картопляної нематоди.

5. Встановлено, що відбір зразків рослин човниковим способом за ширини маршрутних смуг до 50 метрів, а за густої рослинності – 25 м, дає змогу суттєво, порівнюючи з загальноприйнятими методами, підвищити достовірність нематологічного картування угідь, а виявлення за допомогою телекомунікаційних технологій локально поширених неоднорідностей рослинного покриву обмежує площу обстеження

проблемних фітоценозів традиційними методами. Оптимальними календарними строками проведення аеровізуального моніторингу основних сільськогосподарських культур на заселеність цистоутворюючими нематодами є остання декада червня, перша та друга декади липня.

6. Визначено, що основними джерелами пасивного розселення цистоутворюючих нематод в агроценозах є вітрова ерозія, садивний матеріал, засоби механічного обробітку ґрунту. До того ж у районах, схильних до вітрової ерозії, розселення цист відбувалося не лише в теплу пору року, але і в зимовий період, за відсутності постійного снігового покриву. Рознесення цист водною ерозією ґрунту здебільшого відмічалось після випадіння рясних опадів у вигляді дощу, рідше – танення снігу. Проведення обробітків ґрунту у процесі вирощування буряків цукрових та кормових зумовлює розширення площі наявних осередків у межах від 90 до 170 см, картоплі – 75–125 см, кукурудзи – 30–85 см, гороху – 18–55 см, ячменю з підсівом конюшини – 12–40 см, озимих колосових культур – від 16 до 50 см. Внаслідок цього з часом, навіть за значної початкової строкатості заселення угідь, відбувається поступове сполучення осередків цистоутворюючих нематод.

7. Досліджено, що в біоценозах цистоутворюючі нематоди переважно розселяються завдяки мінімальній міграційній здатності інвазійних личинок до 20 см та факультативно – ґрунтозаселяючими і землерийними тваринами, серед яких домінуючими є дощові черви, сліпці, кроти, мишоподібні гризуни. Проте вплив біотичних чинників не призводить до різких сукцесій, що забезпечує популяціям цистоутворюючих нематод відносно сталі умови життя у визначених просторових межах.

8. Встановлено, що за помірних на початку і в кінці вегетаційного періоду середньодобових температур ґрунту для завершення першої і третьої генерацій конюшинної і люцернової нематод було необхідно від 64

до 78 днів, а онтогенез другої генерації в липні-серпні тривав 44–52 дні. Розвиток вівсяної нематоди з часу інвазії сходів личинками другого віку і до утворення цист нової генерації відбувався впродовж 61–76 днів, а золотистої картопляної нематоди – 48–63 днів. За вегетаційний період вівсяна і золотиста картопляна цистоутворюючі нематоди завершують одну, а конюшинна та люцернова – переважно три генерації. В окремі роки зміщення метеорологічних строків настання весняних процесів, порівнюючи з багаторічними даними, зумовлювало більш раннє (на 5–12 днів) заселення сходів личинками, а відповідно, і завершення ними циклу розвитку.

9. Доведено, що різні модифікації стану спокою (короткотерміновий стан заціпеніння від декількох хвилин до кількох годин; тимчасова факультативна олігопауза – впродовж кількох днів; діапауза – типова однорічна; гіперпауза – багаторічна), висока екологічно адаптивна здатність до перенесення несприятливих умов, наявність страхового фонду гіпердіапазуючих особин забезпечують виживання видів навіть за десятирічної перерви між повторним вирощуванням рослин-живителів.

10. Визначено, що ступінь накопичення щільності популяцій цистоутворюючих нематод в основному залежав від вихідної заселеності ґрунту, видового складу рослин-живителів, їх частки в сівоzmінах та тривалості перерви між повторним поверненням на попереднє місце. Значна пригніченість рослин за високої допосівної щільності та задовільні умови росту і розвитку з низької були одними із основних чинників опосередкованого впливу на потенційну плодючість цистоутворюючих нематод. За аналогічних вихідних чисельностей потенціал розмноження вівсяної нематоди був вищим на таких зернових колосових, як овес та пшениця, а нижчим на житі та ячмені; золотистої картопляної нематоди – був вищим на середньопізньому сприйнятливому сорті картоплі, ніж на ранньостиглому. Оптимізація умов росту та розвитку багаторічних

бобових в агроценозах сприяла вищому ступеню розмноження конюшинної нематоди, порівнюючи з біоценозами.

11. Доведено, що розподіл цистоутворюючих нематод за вертикальним профілем у ґрунті залежить від глибини залягання родючого шару, способів його механічного обробітку, видової належності фітонематод і видів рослин-живителів. Домінуюча чисельність цист вівсяної, конюшинної і люцернової нематод за вертикальним профілем у дерново-підзолистому ґрунті зосереджена переважно до 20 см, а в чорноземах – до 30 см. Водночас заселеність ґрунту глибше оброблюваного шару не перевищувала 2,8–15,9 % від загальної щільності популяцій цистоутворюючих нематод.

Для запобігання накопичення потенційно небезпечних видів нематод у верхньому горизонті необхідно застосовувати комбіновану систему обробітку ґрунту, яка поєднує полицевий різноглибинний обробіток під технічні і просапні культури і безполицевий під інші культури. Завдяки механічному переміщенню цист в нижні горизонти оброблюваного шару ґрунту досягалося зниження рівня інвазованості сходів личинками цистоутворюючих нематод.

12. Встановлено, що науково обґрунтовані сівозміни є дієвим заходом контролювання чисельності цистоутворюючих нематод. Для запобігання масового накопичення цистоутворюючих нематод максимальна насиченість сівозмін рослинами-живителями не має перевищувати: зерновими колосовими – 40 %, картоплею – 20 % (10 % сприйнятливі + 10 % стійкі сорти), багаторічними бобовими травами – 30 % (посіви під покривом зернових колосових + багаторічні бобові одно- дворічного використання).

13. Визначено, що під час вирощування несприйнятливих до розмноження цистоутворюючими нематодами культур зниження до економічно невідчутного рівня вихідної чисельності золотистої картопляної нематоди – ≥ 50000 яєць і личинок у 100 см^3 ґрунту –

досягалося через 9 років, ≥ 40000 – 8 років, ≥ 30000 – 7 років, ≥ 20000 – 6 років, ≥ 10000 – 5 років, ≥ 5000 – 4 роки, ≥ 2500 – 3 роки, ≥ 1000 – 2 роки; а чисельності вівсяної, люцернової та конюшинної нематод – ≥ 3000 – 5 років, ≥ 2000 – 4 роки, ≥ 1000 – 3 роки; ≥ 500 яєць і личинок в 100 см^3 ґрунту – 1–2 роки.

14. Встановлено, що економічний поріг шкідливості вівсяної нематоди для вівса становить 100–125, пшениці ярої – 200–225, ячменю ярого – 225–250, пшениці озимої – 275–300, жита озимого – 300–325, ячменю озимого – 325–350 яєць і личинок у 100 см^3 ґрунту перед посівом злакових культур.

Для насінневих посівів ріпаку ярого економічний поріг шкідливості становить у межах 250–300, а озимого 300–350 яєць і личинок бурякової нематоди. Статистично достовірне зниження урожайності конюшини лучної першого року вегетації відбувалося за вихідної заселеності близько 400, другого року – 350, насінневих посівів 200–250 яєць і личинок у 100 см^3 ґрунту. Для фуражних посівів люцерни першого і другого років ці показники відповідно складають 450 і 550, а насінників – 300–350 яєць і личинок у 100 см^3 ґрунту.

15. Визначено, що передпосівна обробка насіння зернових колосових, ріпаку, багаторічних бобових трав поліфункціональними біопрепаратами (фітозахисної, рістрегулювальної, адаптогенної дії) знижувала рівень інвазованості сходів личинками. Водночас вищої технічної ефективності досягали після застосування метаболічних препаратів Аверстіму (1,0 л/т) та Аверкому^Н (0,04 л/т), які містять макролідні антибіотики – авермектини.

16. Доведено, що поєднання імунологічного методу із застосуванням препаратів на основі метаболітів ґрунтових стрептоміцетів для обробки садивного матеріалу забезпечувало вищу ефективність біологічного очищення ґрунту від золотистої картопляної нематоди, порівнюючи з використанням лише стійких сортів картоплі. Середня урожайність у

варіанті досліду з обробкою бульб картоплі створеним біопрепаратом Аверстімом (1,0 л/т) перевищувала показники контролю на 1,96–2,79 т/га, а препаратом Аверкомом^Н (0,04 л/т) – на 0,78–1,52 т/га відповідно.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для виявлення, запобігання розселенню та локального застосування екологічно безпечних протинематодних заходів структурним підрозділам Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів, фахівцям господарств різних форм власності слід застосовувати розроблену систему сучасного моніторингу з використанням дистанційних методів діагностування гетеродерозів (патент на корисну модель № 139711), методику проведення нематологічного біотестування ґрунту в лабораторних (патент на корисну модель № 124126) і польових умовах (патент на корисну модель № 125070), пристрій для аналізу бульбо-та коренеплідної продукції на заселеність цистоутворюючими нематодами (патент на винахід № 62534).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Александер А. Внекорневые подкормки – резерв увеличения урожайности. Защита и карантин растений. 2011. № 4. С. 58-59.
2. Антинематодные свойства *Streptomyces avermitilis* –УКМ Ас – 2179 и его авермектинового комплекса – аверкома / Белявская Л. А., Галаган Т. А., Болтовская Е. В., Козырицкая В. Е., Валагурова Е. В., Сигарева Д. Д., Иутинская Г. А. *Stiinta Agricola* (Аграрная наука). 2009. № 1. С. 29-33.
3. Афонин А. Н., Грин, Н. И. А. Н. Дзюбенко, Фролов А.Н. Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их болезни, вредители и сорные растения (Интернет версия 2.0), 2008. – Режим доступа: [http:// www.agroatlas.ru](http://www.agroatlas.ru).
4. Бабич А. Г. Вредоносность свекловичной нематоды и пути ее снижения в Правобережной Лесостепи Украины ССР : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. с.-х. наук : 06.01.11. – Киев, 1990. – 17 с.
5. Бабич А.Г. Цистоутворюючі нематоди культурних фітоценозів України. – Київ, 2012. – 512 с.
6. Бабич О.А., Бабич А.Г. Фігонематоди хмелю та контроль їх чисельності. – Київ : НУБіП України, 2014. – 723 с.
7. Бабич А.Г., Саблук В.Т. Моніторинг та заходи захисту від бурякової нематоди. – Київ : Компринт, 2015. – 508 с.
8. Бабич А.Г., Бабич А.А. Цистообразующие нематоды Украины. – Киев: НУБіП Украины, 2016. – 637 с.
9. Бабич А.Г., Шестеперов О.О., Бабич О.А. Мелойдогінози і гетеродерози сільськогосподарських культур. – Київ : Компринт, 2019. – 690 с.
10. Бабич А.Г. Шкодочинність бурякової нематоди на цукрових буряках. Науковий вісник НАУ. 2001. Вип. 37. – С. 79-81.

11. Бабич А.Г. Морфобіологічні особливості бурякової нематоди цукрових буряків. Науковий вісник НАУ. 2002. Вип. 53. – С. 102-105.
12. Бабич А.Г. Вплив способів основного обробітку ґрунту на вертикальний розподіл в орному шарі цистоутворюючих нематод. Науковий вісник НАУ. 2003. Вип. 63. – С. 90-93.
13. Бабич А.Г. Пристрій для аналізу бульбокоренеплодів на заселеність їх цистоутворюючими нематодами. Науковий вісник НАУ. 2003. Вип. 64. – С. 51-54.
14. Бабич А.Г. Ефективність пригнічення злакових бур'янів – господарів вівсяної нематоди при вирощуванні олійних капустяних культур. Науковий вісник НАУ. 2004. Вип. 72. – С. 115-118.
15. Бабич А.Г. Візуальний метод оцінки ступеня ураження сільськогосподарських культур і основні джерела поширення цистоутворюючих нематод. Науковий вісник НАУ. 2005. Вип. 91. – С. 136 -142.
16. Бабич А.Г. Вдосконалення бальної оцінки ураженості основних сільськогосподарських культур цистоутворюючими нематодами. Науковий вісник НАУ. 2006. Вип. 102. – С. 138-143.
17. Бабич А.Г. Вдосконалення методів виявлення цистоутворюючих нематод у ґрунті. Збірник наук. праць Уманського держ. аграр. ун-ту. Умань, 2006. № 63. С. 280-285.
18. Бабич А.Г. Гетеродероз цукрових буряків та заходи його регуляції. Наукові праці південного філіалу „Кримський агротехнологічний університет” НАУ. 2007. Вип. 104. С. 61-67.
19. Бабич А.Г., Бабич О.А., Матвієнко О.П. Способи виявлення цистоутворюючих нематод та заходи контролю чисельності бурякової нематоди. Науковий вісник НАУ. 2007. Вип. 109. – С. 150-154.
20. Бабич А.Г., Бабич О.А. Визначення видового складу цистоутворюючих нематод поширених в Україні. Науковий вісник НАУ. 2007. Вип. 116. – С. 233-240.

21. Бабич А.Г. Біолого-екологічні особливості розвитку основних видів цистоутворюючих нематод. Науковий вісник НАУ. 2008. Вип. 123. – С. 129-136.
22. Бабич А.Г., Коржук Р.Д.. Екологічно безпечні заходи зниження зараженості ґрунту від золотистої картопляної нематоди при вирощуванні сільськогосподарських культур. Агроекологічний журнал. 2008. Спеціальний випуск. С. 22-26.
23. Бабич А.Г., Бабич О.А. Морфологічна ідентифікація цистоутворюючих нематод, поширених в Україні. Наукові доповіді НАУ. Київ, 2008. № 1(9). С. 1-17.
24. Бабич А.Г., Андрійчук Т.О., Деревинко О.С., Заєць Є.М. та ін. Біовіт – альтернатива пестицидному пресу. Наукові доповіді НАУ. Київ, 2008. № 2(10) С.1-5.
25. Бабич А.Г., Бабич О.А., Матвієнко О.П. Вплив заходів механічного обробітку ґрунту на поширення цистоутворюючих нематод. Агроекологічний журнал. 2010. Спеціальний випуск. С. 27-30.
26. Бабич А.Г., Бабич О.А., Матвієнко О.П. Шкідливість та екологічні основи контролю чисельності вівсяної та бульбової нематоди. Агроекологічний журнал. 2011. Спец. випуск. С. 17-20.
27. Бабич А.Г., Бабич О.А. Основи новітнього моніторингу цистоутворюючих нематод. Наукові доповіді НУБіП України. 2011. № 4(26). 9 с.
28. Бабич А.Г., Бабич О.А. Виробниче біотестування ґрунту на заселеність цистоутворюючими нематодами. Наукові доповіді НУБіП України. 2011. №1-2 (24) 10 с.
29. Бабич А.Г., Бабич О.А. Матвієнко О.П. Вдосконалення методології візуального моніторингу цистоутворюючих нематод. Науковий вісник НУБіП України. 2011. Вип. 168 ч. 3. С. 123-126.

30. Бабич А.Г., Бабич О.А. Особливості онтогенезу цистоутворюючих нематод. Науковий вісник НУБіП України. 2011. Вип. 162, ч. 2. С. 75-82.
31. Бабич А.Г., О.А. Бабич, О.П. Матвієнко. Вплив домінуючих біотичних та антропогенних чинників на поширення цистоутворюючих нематод. Агроєкологічний журнал. 2012. № 3. С. 7-12.
32. Бабич А.Г., Бабич О.А., Іванова К.О. Прогноз динаміки чисельності цистоутворюючих нематод у багатопільних сівоzmінах та з короткою ротацією. Наукові доповіді НУБіП України. 2012-2 (31). 15 с.
33. Бабич А.Г., Бабич О.А., Матвієнко О.П. Сегетальна рослинність та її значення в трофічному ланцюгу цистоутворюючих нематод. Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2012. Спеціальний випуск. С. 8-12.
34. Бабич А.Г., Бабич О.А., Миронець С.С. Особливості вертикального розподілу і просторового поширення цистоутворюючих нематод. Вісник Сумського національного аграрного університету. Агрономія і біологія. 2013. Вип. 11 (26). – С. 28-32.
35. Бабич А.Г., Бабич О.А., Комарівська Н.І., Сухарева Р.Д. Концептуальні основи контролю чисельності цистоутворюючих нематод основних сільськогосподарських культур. Наукові доповіді НУБіП України 2013. Вип. 41. 10 с.
36. Бабич А.Г., Сухарева Р.Д., Бабич О.А., Дзюба Ю.В. Видовий склад та зональна поширеність цистоутворюючих нематод в Україні. Наукові доповіді НУБіП України. 2013. Вип. 42. 9 с.
37. Бабич А.Г., Бабич О.А., Статкевич А.О. Ефективність комбінованої токсикації сходів буряків цукрових системними препаратами. Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2013. Вип. № 17, Т. 1. С. 391-393.
38. Бабич А.Г., Сухарева Р.Д. Тривалість розвитку та динаміка чисельності золотистої картопляної цистоутворюючої нематоди в

умовах західного Лісостепу України. Захист рослин і карантин. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. 2013. Вип. № 59. С. 285-293.

39. Бабич А., Бабич О., Статкевич А., Радченко В. Ефективність передпосівної обробки насіннєвого матеріалу протруйниками від фітопаразитичних нематод. Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія. – Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2013. – № 17 (2). С.336-339.
40. Бабич А.Г., Бабич О.А., Статкевич А.О., Бондар В.А. Золотиста картопляна цистоутворююча нематода та заходи контролю її чисельності. Захист і карантин рослин : Міжвідомчий тематичний науковий збірник. 2018. Вип. 64. С. 17-24.
41. Бабич А.Г., Сухарева Р.Д., Бабич О.А., Приходько І.В. Прикладні проблеми виявлення та ідентифікації золотистої картопляної нематоди. Біологічні системи: теорія та інновації. 2020. № 4. – С. 87-95.
42. Бабич А.Г., Бабич А.А., Тимченко А.В. Теоретические и прикладные проблемы прогнозирования потерь урожая от цистообразующих нематод. Российский паразитологический журнал. 2013. № 4. – С. 38-42.
43. Бабич А.Г., Бабич А.А., Дзюба Ю.В. Механизм регуляции онтогенеза цистообразующих нематод. Российский паразитологический журнал. 2013. № 4. С. 109-113.
44. Бабич А.Г., Бабич А.А., Ковальський О.В. Видовой состав и таксономическая структура цистообразующих нематод культурных и природных фитоценозов Украины. Российский паразитологический журнал. 2013. № 3. – С. 111-117.
45. Бабич А.Г., Бабич А.А. Усовершенствование мониторинга распространения цистообразующих нематод. Российский паразитологический журнал. 2014. № 3. С. 122-129.

46. Бабич А.Г., Бабич А.А. Концептуальные основы интегрированной защиты основных сельскохозяйственных культур от цистообразующих нематод. Российский паразитологический журнал 2016. № 4. С. 568-574.
47. Бабич А.Г., Бабич А.А., Иванова К.А. Основные источники пассивного распространения цистообразующих нематод в агроценозах и биоценозах. Вестник Московского государственного областного университета. 2013. № 4. 6 с. <https://vestnik-mgou.ru/79/Articles/Doc/498>
48. Бабич А.Г., Бабич А.А., Статкевич А.О. Фенология цистообразующих нематод в зоне Полесья и Лесостепи Украины. Вестник Московского государственного областного университета. Серия «Естественные науки». 2013. N 4, С 5-10. <https://vestnik-mgou.ru/Issue/IssueFile/259>
49. Бабич А.Г., Бабич А.А., Сухарева Р.Д., Дзюба Ю.В. Пути повышения выносливости растений картофеля к золотистой картофельной нематодой на приусадебных участках. Защита и карантин растений. 2013. № 11.
50. Бабич А.Г., Бабич А.А., Костинюк В.М. Влияние абиотических, биотических и антропогенных факторов на популяции цистообразующих нематод. "Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями". Всероссийский научно-исследовательский институт гельминтологии имени К.И. Скрябина. 2013. № 14. С. 41-44.
51. Бабич А.Г., Бабич А.А., Сухарева Р.Д., Статкевич А.А. Влияние севооборота на численность золотистой картофельной нематоды. Защита и карантин растений. 2014. № 1. С. 42-45.
52. Бабич А.Г., Бабич О.А., Матвиенко А.П. Биотестирование почвы на заселенность цистообразующими нематодами в производственных условиях. Защита и карантин растений. 2014. № 8. С. 24-26.
53. Бабич О. А. Комплекс фітонематод агроценозів хмелю та заходи регуляції їх чисельності в зоні Полісся та Лісостепу України :

автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. біол. наук : спец. 06.01.11 „Фітопатологія” Київ, 2010. 20 с.

54. Бабич О. А., Бабич А. Г., Білявська Л.А. Ефективність хімічних засобів захисту проти фітопаразитичних нематод хмелю. Науковий вісник НУБіП. Серія «Біологія, біотехнологія, екологія». 2016. Вип. 234. С. 52-57.
<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/article/viewFile/7284/7056>
55. Бабич О.А., Бабич А.Г. Причини накопичення та особливості поширення цистоутворюючих нематод у сучасних агроценозах. Вісник Сумського національного аграрного університету. 2006. №11-12 (12-13). – С. 186-193.
56. Бабич О.А., Бабич А.Г. Особливості поширення та вдосконалення моніторингу хмельової цистоутворюючої нематоди. Науковий вісник НУБіПУ. 2010. Вип. 145. С. 136-140.
57. Балахнина В. П., Тищенко А. Д. Испытание сортов зерновых культур, районированных в Нечерноземной зоне РСФСР на устойчивость к овсяной нематодe. Бюл. Всесоюз. ин-та гельминтологии. М., 1980. № 26. С. 12-15.
58. Барштейн Л. А., Шкаредний І. С., Якименко В. М. Сівозміни, обробіток ґрунту та удобрення в зонах бурякосіяння. К. : Тенар, 2002. – 488 с.
59. Белявская Л. А., Бабич А. А., Бабич А. Г., Бурцева С. А., Иутинская Г. А. Регуляция численности фитопаразитических нематод новыми биопрепаратами при выращивании картофеля. Сборник материалов международного научного симпозиума «Защита растений: достижения и перспективы», Кишинев, декабрь 2018 г. Кишинев, 2018. – С. 116-120.
60. Белявская Л.А., Иутинская Г.А. Экологически безопасные метаболитные биопрепараты как альтернатива химическим пестицидам. AgroOne. 2016; 5(7):40-42.

61. Белявская Л. А., Лобода М. И., Иутинская Г. А. Антимикробные свойства биологически активных веществ почвенного стрептомицета *Streptomyces netropsis* IMB AC-5025. Сборник материалов Международной научно-практической конференции "Состояние и перспективы разработки, использования биологически активных соединений в научной и практической деятельности", г. Брест, 4-5 октября 2018 г. Брест : БрГУ, 2018. С. 38-42.
62. Белявская Л.А., Козырицкая В.Е., Валагурова Е. В., Иутинская Г. А. Биологически активные вещества нового микробного препарата Аверком. Мікробіол. журн. 2012. N 3. С. 10-15.
63. Бжески М. В., Котлински С. Влияние pH на свекловичную нематоду / *Heterodera schachtii*. Достижения в познании биологии вредных организмов и разработка новых методов прогноза: восьмой Международный конгресс по защите растений. М., 1975. С. 13-19.
64. Бивол А. П. Адаптивный потенциал и его реализация при формировании популяций фитогельминтов. Гос. аграр. ун-т Молдовы. Кишинев, 1998. Т. 2 с. Рум. Деп. МолдНИИТЭИ 30.12.98, № 1616-М 98.
65. Білявська Л. О. Підвищення продуктивності пшениці ярої за впливу метаболічних біопрепаратів на основі ґрунтових стрептоміцетів. Агроекологічний журнал. 2016. № 36. С. 74-83.
66. Білявська Л. О. Актинобактерії роду *Streptomyces* і їхні метаболіти у біорегуляції рослин: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. наук : спец. 03.00.07 „Мікробіологія”. Київ, 2018. 44 с.
67. Білявська Л. О., Галаган Т. В., Іутинська Г. О. Антинематодна активність метаболітів, що продукуються ґрунтовими стрептоміцетами. Мікробіол. журн. 2016. Т. 78(4). С. 27-38.
68. Большакова В. Н. Оценка сортов картофеля на устойчивость к золотистой картофельной нематоде. *Защита и карантин растений*. 2011. № 4. С. 47-49.

69. Бондар Т.І. Кореневі гнилі ріпаку ярого та біологічне обґрунтування заходів обмеження їх розвитку в умовах Правобережного Лісостепу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 06.01.11 „Фітопатологія”. Київ, 2016. 24 с.
70. Бондарь Л. В., Гладкая Р. М. Нематодоустойчивые сорта. *Защита растений*. 1989. № 4. С. 35-36.
71. Бурштейн Р. С. Влияние сортов картофеля на внедрение и развитие личинок картофельной нематоды. *Защита растений и охрана природы*. – Вильнюс, 1989. С. 62-63.
72. Буяускас А. В., Юсене С. А. Нематодоустойчивые сорта. *Картофель и овощи*. 1988. № 3. С. 16-17.
73. Воловик А. С., Глез В. М., Мордкович Я. Б., Сорочкин И. Н., Ермакова Л. В. Новое в борьбе с картофельной нематодой. *Защита и карантин растений*. 1998. № 6. С. 41.
74. Воловик А. С., Зейрук В. Н. На заметку картофелеводу. *Защита и карантин растений*. 1997. № 5. С. 37-38.
75. Володченко З. Г. Видовой состав и распространение гетеродерид на Украине. *Восьмая науч. конф. паразитологов Украины* : тезисы докл. – Донецк, 1975. С. 27-30.
76. Володченко З. Г. Распространение гетеродер на Украине. *Защита растений*. 1977. № 4. С. 44.
77. Володченко З. Г. К изучению численности свекловичной и овсяной нематод в агроценозах Украины. *Тезисы докл. на Всесоюз. симпозиуме*. Петропавловск, 1980. С. 11-13.
78. Володченко З. Г., Зиновьев В. Г. К выяснению влияния севооборотов на численность свекловичной и овсяной цистообразующих нематод в агроценозах Украины. *Вестн. Харьковского ун-та*. 1980. № 22. С. 56-60.

79. Володченко З. Г. К изучению картофельной нематоды на Украине. *10 конф. Укр. об-ва паразитологов*, г. Одесса, 1986. Киев, 1988. Ч. 3. С. 14.
80. Волчкова В. С. Овсяная цистообразующая нематода. *Защита растений*. 1978. № 5. С. 41-42.
81. Выявление свекловичной нематоды и меры борьбы с ней (рекомендации) / Саблук В.Т., Линник Л. И., Бабич А.Г. и др. – М. : Агропромиздат, 1989. 16 с.
82. Галаган Т. О. Комплекс фітонематод агроценозів пшениці в умовах відкритого та закритого ґрунту і способи регулювання їх чисельності : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 06.01.11 „Фітопатологія”. Київ, 2005. 22 с.
83. Гладкая Р. М. Использование устойчивых сортов картофеля для борьбы с картофельной нематодой в Белоруссии: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. с.-х. наук. Жодио, 1974. 26 с.
84. Головина М. И. Выявление гетеродероза зерновых на юге Украины. *Бюл. ВИГИС*. М., 1974. Вып. 14. С. 77.
85. Григор'єв В. М. Паразитичні нематоди агроценозів цукрових буряків та заходи контролю їх чисельності в умовах Центрального Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.11 Фітопатологія. Київ, 2005. 20 с.
86. Ґрунти Полтавської області. За ред. А. І. Лисенка. Харків. Вид. «Прапор». 1969. 76 с.
87. Губін О. І. Нематодні хвороби та їх збудники. *Карантин і захист рослин*. 2011. № 7. С. 6-9.
88. Губін О. І. Нематодні хвороби квітково-декоративних рослин закритого ґрунту ботанічних садів України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 06.01.11 Фітопатологія. Київ, 2013. 21 с.
89. Гуськова Л. А. Указания по применению препарата ДД. М., 1975. С. 1-5.

90. Гуськова Л. А. Оптимизация защиты сельскохозяйственных культур от нематод. *Экономические основы предотвращения потерь урожая от вредителей, болезней и сорняков*. Л. : ВИЗР, 1985. С. 73-79.
91. Гуськова Л. А. Развитие методов борьбы с цистообразующими нематодами. *Защита растений*. 1989. № 4. С. 34-35.
92. Гуськова Л. А., Данилов Л.Г. Результаты испытаний и перспективы применения системных инсектицидов. *Совершенствование ассортимента средств защиты растений и способов их применения на важнейших сельскохозяйственных культурах*. Л., 1983. – С. 78-81.
93. Гуськова Л. А., Метлицкий О. З., Данилов Л. Г. Методические указания по проведению государственных испытаний нематодов. М. : ВНИЭСХ, 1983. С. 34.
94. Гуськова Л. А., Чакаева А.Ш. Оценка севооборота как метода снижения вредоносности свекловичной нематоды. *Тр. ВИЗР*. Ленинград, 1981. С.5-89.
95. Гуськова Л. А., Чакаева А. Ш., Васильев С. В. Прогноз вредоносности и методы борьбы со свекловичной нематодой. *Биологические основы борьбы с нематодами : сб. тр. ВИЗР*. Л., 1982. С. 7-17.
96. Гурманчук О.В. Золотиста картопляна цистоутворююча нематода та заходи щодо обмеження її розвитку в зоні Полісся України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.11 „Фітопатологія. Київ, 2011. 20 с.
97. Даддингтон К. Л. Хищные грибы – друзья человека. М., 1959. – 190 с.
98. Деккер Х. Нематоды растений и борьба с ними. М. : Колос, 1972. 444 с.
99. Дистанционные и другие методы диагностики глободероза картофеля: метод. указания. М., 1983. 62 с.
100. Довідник із захисту рослин. Л.І. Бублик, Г.І. Васечко, В.П. Васильв та ін. За ред. М.П. Лісового. К.: Урожай, 1999. 744 с.

101. Довідник по захисту польових культур. В.В. Васильєв, М.П. Лісовий, І.В. Веселовський та ін. За ред. В.П. Васильєва та М.П. Лісового. К.: Урожай, 1993. 224 с.
102. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 252 с.
103. Ефременко Т. С. Значение карантинных и профилактических мероприятий в семеноводстве нематоустойчивых сортов картофеля. *Карантин: вредители, болезни и сорные растения*. Быково, 1991. С. 234-238.
104. Ефременко В. П., Климакова Е. Т. Интегрированный метод борьбы с картофельной нематодой. *Защита растений*. 1991. № 10. С. 38-39.
105. Жиліна Т. М. Паразитичні нематоди картоплі в Східному Поліссі України: поширення, шкодочинність та методи контролю чисельності: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 06.01.11 „Фітопатологія”. Київ, 2005. 21 с.
106. Жук О. М. Овсяная нематода (*Heterodera avenae* Wollenveber, 1924) и разработка мер борьбы с ней в условиях Новосибирской области: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук. М., 1970. С. 3-15.
107. Журавлев А. А., Ильичева А. А., Симаков Е. А., Глез В. М. Влияние инвазионной нагрузки *Globodera rostochiensis* и длины светового дня на заражение различных по устойчивости сортов картофеля. *1-я Всерос. конф. по иммунитету растений к болезням и вредителям, посвященная 300-летию Санкт-Петербурга; г. Санкт-Петербург, 2002*: научные материалы. Пушкин, 2002. С. 189.
108. Журавчак Т. М. Золотиста картопляна нематода. *Захист рослин*. 1999. № 7. С. 13.
109. Зиновьев В. Г., Володченко З. Г. Новые сведения о распространении фитогельминтов на Украине. *Нематоды растений*. Воронеж, 1972. С. 73-81.

110. Зиновьев В. Г. Состояние изученности фитонематод на Украине. *Первая конференция (IX совещание) по нематодам растений, насекомых, почвы и вод*. Ташкент, 1981. С. 40-41.
111. Зиновьева С. В., Костюк Н. А., Турлыгина Е. С., Шубина Л. В. Роль минеральных удобрений в устойчивости растений к фитогельминтозам. *Тр. Гелан СССР*. 1978. Т. 28. С. 67-69.
112. Зиновьева С.В., Удалова Ж. В. Современные направления защиты растений от паразитических нематод. *Прикладная нематология*. Отв. ред. С. В. Зиновьева, В. Н. Чижов. М. : Наука, 2006. 350 с.
113. Инструкция по выявлению золотистой и бледной картофельных нематод и мерам борьбы с ними. М. : Агропромиздат, 1988. 46 с.
114. Калатур К. А. Нематодні та грибні хвороби сходів цукрових буряків та заходи обмеження їх шкідливості в умовах Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.11 „Фітопатологія. Київ, 2006. 18 с.
115. Калатур Е.А., Половинчук А.Ю Свекловичная цистообразующая нематода. *Защита и карантин растений*. 2013. № 10. С. 14-15.
116. Калатур К. А., Суслик Л. О., Пилипенко Л.О. Захист посівів цукрових буряків від бурякової нематоди (рекомендації). К: ІБКіЦБ, 2015. 22 с.
117. Карплюк В. Г. Нематодні хвороби квітково-декоративних рослин закритого ґрунту: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 06.01.11 „Фітопатологія. Київ, 2016. 20 с.
118. Кирьянова Е. С. Круглые черви (нематоды) – паразиты растений. М. – Л. : Наука, 1955. 156 с.
119. Кирьянова Е. С., Краль Э. Л. Паразитические нематоды растений и меры борьбы с ними. Л.: Наука, 1969. Т. 1. 447 с.
120. Кирьянова Е. С. Краль Э. Л. Паразитические нематоды растений и меры борьбы с ними. Л.: Наука, 1971. Т. II. 522 с.

121. Кицно Л. В. Биологическое обоснование мер борьбы со свекловичной нематодой в условиях Лесостепи Украинской ССР : автореф. дис. ... на соискание ученой степени канд. биол. наук. Киев, 1984. 23 с.
122. Козловський М. П. Фітонематоди наземних екосистем Карпатського регіону. Львів, 2009. 316 с.
123. Колесова Е. А. Разработка методов прогнозирования глободероза картофеля и использование нематодоустойчивых сортов в борьбе с ним: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук: спец. 06.01.11 „Общее земледелие”, 06.01.07 „Защита растений”. Москва, 2010. 25 с.
124. Кондакова Е. И. Грибы, развивающиеся в цистах нематод рода *Heterodera schachtii*. *Микология и фитопатология*. 1976. Т. 10, №3. – С. 172-176.
125. Кораб И. И., Бутовский А. П. Обзор хозяйств Союзасахара, характеризующихся высоким заражением полей свекловичной нематодой. *Науч. зап. Белоцерков. с.-х. ин-та*. Киев, 1935. Кн. 31. С. 1-17.
126. Кораб И. И., Бутовский А. П. Главнейшие итоги изучения свекловичной нематоды (*Heterodera schachtii* Schmidt) и методов борьбы с нею. *Сб. работ по нематодам с.-х. растений*. – Л., 1939. – С. 75-120.
127. Кораб И. И. Главнейшие итоги борьбы со свекловичной нематодой. *Вопросы гельминтологии*. М., 1961. С. 84-95.
128. Коржук Р.Д., Бабич А.Г. Моніторинг та заходи захисту від золотистої картопляної цистоутворюючої нематоди. *Науковий вісник НАУ*. 2008. Вип. 118. – С.72-79.
129. Коржук Р. Д., Мельник П. О. Діагностика картопляних цистоутворюючих нематод та заходи боротьби. *Картоплярство : міжвідомчий темат. наук. зб.* 2007. № 36. С. 58-68.

130. Кочеткова Л. М. Нематодоустойчивые сорта картофеля для приусадебных участков. *Агро XXI*. 1999. № 7. С. 9.
131. Кралль Э. Л. Фитонематоды картофеля в Эстонской ССР: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук. Тарту, 1959. 19 с.
132. Кралль Э. Л. О систематике цистообразующих нематод. *Защита растений*. 1978. № 10. С. 7.
133. Кралль Э. Л. Биология и хозяйинно-паразитные отношения у цистообразующих нематод-гетеродерид. *Защита растений*. 1984. Т. 4. С. 114-163.
134. Кралль Э. Л., Кралль Х. А. Перестройка системы фитонематод семейства Heteroderidae на основе трофической специализации этих паразитов и сопряженной эволюции их с растениями-хозяевами. *Фитогельминтологические исследования*. М. : Наука, 1978. С. 39-56.
135. Кульчицкий Б. И. Динамика численности свекловичной нематоды в севооборотах с различным набором сельскохозяйственных культур. *Принципы и метод изучения почвенных и фитопаразитических нематод как компонента биоценоза*: тезисы докл. Петрозаводск, 1980. С. 32-33.
136. Кульчицкий Б. И., Ткачев И. Е. Накопление свекловичной нематоды в торфяной почве в зависимости от набора культур в севообороте. *Пробл. почв. зоологии*. Ашхабад, 1984. С. 169-170.
137. Ладыгина Н. М. Реакция свекловичной нематоды на температуру и влажность. *Вопросы фитогельминтологии*. М. : Изд. АН СССР, 1961. С. 129-141.
138. Лінник Л. І., Саблук В. Т., Бабич А. Г., Шарій В. М. Бурякова нематода. К. : Наукова думка, 1995. 95 с.
139. Линник Л. И. Влияние чередования культур на плотность популяции свекловичной нематоды. *Интегрированная система защиты сахарной свеклы от вредителей, болезней и сорняков*. Киев : ВНИС, 1986. С. 32-38.

140. Линник Л. И., Кицно Л. В. Противонематодные севообороты. *Защита растений*. 1983. № 8. С. 28.
141. Маковская С. А. Локализация очагов золотистой картофельной нематоды. *Защита растений*. 1991. № 7. С. 50-51.
142. Маковская С.А. Анализ популяций картофельной нематоды Северо-Западного района Нечерноземной зоны РСФСР с целью обоснования защитных мероприятий : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук. Л., 1982. – 18 с.
143. Матвеева М. А. Цистообразующие картофельные нематоды. *Защита растений от нематод*. М.: Наука, 1989. С. 95-99.
144. Матвеева Е. М., Сысоева М. И., Шерудило Е. Г., Лаврова В. В. Реакция растений картофеля на кратковременные низкотемпературные воздействия при разных дозах заражения облигатным фитопаразитом. *Нематоды естественных и трансформированных экосистем*. Петрозаводск, 2011. С. 79-81.
145. Мельник П.О., Коржук Р.Д., Бабич А.Г., Екологізація захисту картоплі від карантинного організму – золотистої цистоутворюючої нематоди *Globodera rostochiensis* Woll. Науковий вісник НАУ. 2005. Вип. 86. – С.117-122.
146. Мельник П. О., Назарок П. Г., Коржук Р. Д. Методологія аналізу фітосанітарного ризику шкідливих організмів. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 6. С. 35-38.
147. Метлицкий О. З. Динамические методы выделения нематод из почвы. *Фитогельминтологические исследования*. М., 1978. С. 77-89.
148. Метлицкий О. З. Тенденции применения системных нематодицидов. *Первая конф. IX совещ. по нематодам растений, насекомых, почвы и вод*. Ташкент, 1981. С. 13-14.
149. Методика дифференциации видов и патотипов цистообразующих нематод картофеля. Л., 1982. 15 с.

150. Методики випробування і застосування пестицидів. Трибель С. О., Сігарьова Д. Д., Секун М. П., Іващенко О. О. та ін. За ред. Трибеля С. О. – К. Світ. – 448 с.
151. Мірошник Т. Г. Поширення, шкодочинність та заходи боротьби з золотистою картопляною нематодою *Globodera rostochiensis* Woll. в Україні : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.21 „Фітопатологія”. Київ, 1995. 23 с.
152. Мірошник Т. Г., Котова І. В. Нематодостійкі сорти картоплі як засіб боротьби з цистоутворюючою нематодою. *Захист рослин*. 1995. Вип. 42. С. 82-88.
153. Мірошник Т. Г. Поширення золотистої картопляної нематоди в Україні *Натураліст*. 1996. № 1. С. 5-7.
154. Михайлюков В. С. *Heterodera humuli* Filirjev, 1934 и другие нематоды хмеля на Украине : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук: спец. 03.00.08 „Зоология”. Киев, 1976. 24 с.
155. Молекулярно-генетична діагностика картопляних цистоутворюючих нематод / Пилипенко Л. А., Козуб Н. О., Острик І. М. та ін. – К.: Колобів, 2011. – 56 с.
156. Мокшина Н. И., Джунусов К. К., Чакаева А. Ш. Паразитические нематоды сахарной свеклы Чуйской долины и меры борьбы с ними. *Науч. тр. Кирг. НПО по земледелию*. 1988. № 25. С. 102-106.
157. Мяги Э. А. Вылупление личинок овсяной нематоды (*Heterodera avenae* Wolloweber). *Изв. АН ЭССР, сер. Биология*. 1982, Т. 31, № 1. С. 15-21.
158. Найбільш небезпечні нематодози рослин та системи захисних заходів / Борзих О.І., Сігарьова Д. Д., Пилипенко Л.А., Ковтун А.М. – К.: Колобів, 2016. – 155 с.
159. Нарбаев З. Н. Распределение цистообразующих нематод по природным ландшафтам Узбекистана. *Тезисы докл. IX съезда Всесоюз. общества гельминтологов*; Тбилиси, 3-5 апреля 1986. М., 1986. С. 101-102.

160. Насонова Л. В. Вредоносность овсяной и золотистой картофельной нематоды в Волго-Вятском район. Бюл. Всесоюз. ин-та гельминтол. М. 1989. № 50. С. 33-40.
161. Насонова Л. В. Биологические особенности и вредоносность картофельной нематоды в Горьковской области. *Защита с.-х. культур от вредителей, болезней и сорняков*. Горький, 1990. С. 10-14.
162. Нематологічний моніторинг польових та квітково-декоративних рослин / Борзих О.І., Сігарьова Д. Д., Пилипенко Л.А., Ковтун А.М. – К. : ТОВ «НВП «Інтерсервіс», 2016. – 116 с.
163. Нестеров П. И. Свекловичная нематода. Кишинев : Штиинца, 1973. 28 с.
164. Нестеров П. И., Корольчук В. В. Внекорневая подкормка сахарной свеклы микроудобрениями при гетеродерозе. *Пробл. паразитологии*. Киев : Наукова думка, 1982. Ч. 2. С. 61-63.
165. Никитин В. С. Нематоды рода *Heterodera* в УССР. *Нематодные болезни сельскохозяйственных культур и меры борьбы с ними*. М., 1972. С. 95-96.
166. Никитин В.С. Цистообразующие фитонематоды Полесья Украины : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук : спец. 03.00.20 „Гельминтология”. М., 1976. 24 с.
167. Никитин В. С. Цистообразующие нематоды на зерновых культурах. *Защита растений*. К., 1983. Вып. 30. С. 56-59.
168. Никитин В. С., Котко И. К., Термено В. К. Устойчивость сортообразцов пшеницы и амфидиплоидов к овсяной цистообразующей нематоде. *Защита растений*. К., 1985. Вып. 32. С. 13-16.
169. Никитин В. С., Термено В. К. Овсяная цистообразующая нематода. *Защита растений*. М., 1986. № 12. С. 32.

170. Никитин В. С. Морфологические и морфометрические особенности золотистой картофельной нематоды. *Защита растений*. К., 1989. № 36. – С. 30-36.
171. Ободовская М.И. Овсяная цистообразующая нематода на Украине. *Защита растений*. 1977. №8. С. 39.
172. Озерецковская О. Л. Индуцирование устойчивости растений биогенными элисситорами фитопатогенов. *Прикл. биохимия и микробиология*. 1994. Т.30 № 3. С. 325-339.
173. Осипова Е. В. Расовый состав цистообразующих нематод в Поволжье и изучение устойчивости к ней зерновых культур : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук. М., 1986. 24 с.
174. Паразитические нематоды растений и насекомых. Отв. ред. М. Д. Сонин. М. : Наука. 2004. 320 с.
175. Патент України на винахід № 62534. Переносний цистовиділювач нематод для аналізу бульбокоренеплодів / Бабич А.Г. 16.05.2005, бюл. № 5.
176. Патент України на корисну модель № 124126. Спосіб біотестування ґрунту на заселеність цистоутворюючими нематодами / Бабич О.А., Бабич А.Г. 26.03.2018, бюл. № 6.
177. Патент України на корисну модель № 125069. Пристрій для діагностування трофоатрактантної рецепції личинок цистоутворюючих / Бабич О.А., Бабич А.Г. 25.04.2018, бюл. № 8.
178. Патент України на корисну модель № 125070. Спосіб фіготестування ґрунту на заселеність цистоутворюючими нематодами в польових умовах / Бабич О.А., Бабич А.Г., Білявська Л.О., Іутинська Г.О. 25.04.2018, бюл. № 8.
179. Патент України на корисну модель № 125072. Спосіб екологічно-безпечного контролю чисельності золотистої картопляної нематоди / Бабич О.А., Бабич А.Г., Білявська Л.О., Іутинська Г.О. 25.04.2018, бюл. № 8.

180. Патент України на корисну модель № 125073. Спосіб первинної оцінки ефективності мікробіологічних і хімічних препаратів проти ґрунтових фітофагів / Бабич О.А., Бабич А.Г., Білявська Л.О., Іутинська Г.О. 25.04.2018, бюл. № 8.
181. Патент України на корисну модель № 135169. Спосіб отримання комплексу фізіологічно-активних речовин із авермектинами у виробничих умовах / Білявська Л.О., Іутинська Г.О., Скроцький С.О., Бабич О.А., Бабич А.Г. 25.06.2019, бюл. № 12.
182. Патент України на корисну модель № 135173. Спосіб контролю чисельності золотистої картопляної нематоди / Бабич О.А., Бабич А.Г., Білявська Л.О., Іутинська Г.О. 25.06.2019, бюл. № 12.
183. Патент України на корисну модель № 138060. Спосіб моніторингу цистоутворюючих нематод / Бабич О.А., Бабич А.Г. 25.11.2019, бюл. № 22.
184. Патент України на корисну модель № 139711. Спосіб дистанційно-візуального моніторингу ураження рослин цистоутворюючими нематодами / Бабич А.Г., Бабич О.А. 10.01.2020, бюл. 1.
185. Патент України на винахід № 120688 / Поліфункціональний біопрепарат "Аверстім" для обробки рослин / Білявська Л.О., Іутинська Г.О., Лобода М.І., Бабич О.А., Бабич А.Г. 10.01.2020, бюл. № 1.
186. Перевертин К. А., Гришаков Ю. С. От свекловичной цистообразующей нематоды до проблем продовольственной безопасности. *Владимирский хлебороб*. 2005. N 1/2. С. 18-20.
187. Пилипенко Л. А. Біологічні основи застосування стійких проти глободерозу сортів картоплі. *Вісник аграрної науки*. 1998. № 9. С. 74-76.
188. Пилипенко Л. А. Поширення *Globodera rostochiensis* (Tylenchida, Heteroderidae) в Україні. *Вестник зоологии*. 1998. Т. 32, № 5/6. С. 139-142.

189. Пилипенко Л. А. Взаємовідносини в системі паразит-рослина-господар при глободерозі картоплі: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 06.01.11 „Фітопатологія”. Київ, 1999. 20 с.
190. Пилипенко Л. А. Основи фітосанітарного контролю продукції, що імпортується до України. *Захист і карантин рослин*. 2012. Вип. 58. С. 137-151.
191. Пилипенко Л. А. Концептуальні основи фітосанітарного контролю карантинних та потенційно-небезпечних нематод в Україні: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. наук: спец. 06.01.11 „Фітопатологія”. Київ, 2014. 49 с.
192. Пилипенко Л. А., Подберезко І. М. Моніторинг карантинних видів фітопаразитичних нематод в Україні. *Захист і карантин рослин*. 2013. Вип. 59. С. 207-221.
193. Положенець В. М. Нематодні хвороби. *Картопля – другий хліб*. Київ : Довіра, 1995. С. 32.
194. Подгаецкий А. А., Гайдук В. С. Исходный материал в селекции на устойчивость к картофельной нематодe. *Создание и использование исходного материала в селекции картофеля*. К., 1992.– С. 143-145.
195. Поляков И. Я., Терентьева Т. Г., Гуськова Л. А., Антонова Л. А. Распространенность нематод – паразитов сельскохозяйственных культур в СССР. М.: ВНИИТЭИСХ, 1979. 32 с.
196. Понин И. Я. Нематодные болезни картофеля. *Защита растений*. 1984. № 11. С. 38-48.
197. Понин И. Картофельная нематода и севооборот. *Защита растений*. 1980. № 2. С. 116-120.
198. Попкова К. В., Шмыгля В. А. Методы определения болезней и вредителей сельскохозяйственных растений. пер. с нем. М. : Агропромиздат, 1987. С. 131-153.

199. Приданников М. В. Злаковые цистообразующие нематоды на территории России. *Нематоды естественных и трансформированных экосистем*. Петрозаводск, 2011. С. 83-87.
200. Прикладная нематология / Н. Н. Буторина, С. В. Зиновьева, О. А. Кулинич, К. А. Перевертин. Отв. ред. С. В. Зиновьева, В. Н. Чижов; Ин-т паразитологии РАН. М.: Наука, 2006. 350 с.
201. Рекомендации по выявлению и мерам борьбы с очагами глободероза картофеля. Москва, 1986. С. 7-8.
202. Рийспере А. Влияние минерального питания растения-хозяина на развитие картофельной нематоды. *Изв. АН ЭССР. Биол.* 1990. Т. 39, № 3. С. 196-203.
203. Рогозина Е. В., Лиманцева Л. В., Мироненко Н. В. Новые источники нематодоустойчивости среди гибридов, созданных на основе диких видов картофеля. *Нематоды естественных и трансформированных экосистем*. – Петрозаводск, 2011. С. 89-91.
204. Роїк М. В. Буряки. К. : ХХІ вік, 2001. 320 с.
205. Романенко Н. Д. Джавахия В. Г. Попов И. О. Приданников М. В. Изучение распространения золотистой картофельной цистообразующей нематоды – *Globodera rostochiensis* и оценка пораженности ею сортов картофеля. *1 Всерос. конф. по иммунитету растений к болезням и вредит., посвящ. 300-летию Санкт-Петербурга*, г. Санкт-Петербург, 2002: науч. материалы. СПб.-Пушкин, 2002. С. 222-223.
206. Саблук В. Т. Особливості росту і продуктивність цукрових буряків при токсикації рослин інсектицидами та розробка технології гарантованого захисту сходів від шкідників : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра. с.-г. наук : спец. 06.01.09 „Рослинництво”, 06.01.11 „Захист рослин від шкідників та хвороб”. Київ, 1994. 46 с.
207. Саблук В. Т., Лінник Л. І. Бурякова нематода. *Захист рослин*. 2002. № 11. С. 14-16.

208. Саблук В.Т., Бабич А.Г., Шендрик К.М., Запольська Н.М., Бабич О.А. Шкідливі організми буряків цукрових: історія, сучасний стан вивчення та заходи захисту. – Київ : Компрінт, 2017. – 893 с.
209. Савотиков Ю. Ф., Шестеперов А. А. Рекомендации по выявлению и мерам борьбы с очагами глободероза картофеля. М., 1986. 126 с.
210. Савотиков Ю. Ф., Шестеперов А. А. Картофельные глободеры. *Защита растений*. 1995. № 12. С. 40-43.
211. Сагитов А. О. Научные основы интеграции противонематодных мероприятий на важнейших полевых и овощных культурах Казахстана: автореф. дис. на соискание ученой степени д-ра. биол. наук: спец. 03.00.20 „Гельминтология”. Москва, 1988. 35 с.
212. Сагитов А. О., Перевертин К. А. Фитогельминтология – сельскохозяйственному производству. Алма-Ата : Кайнар, 1987. 183 с.
213. Сагитов А. О., Туленгутова К. К. Оценка вредоносности свекловичной цистообразующей нематоды на разных типах почв и ее прогнозирование. *Доклады ВАСХНИЛ*. 1988. № 3. С. 20-23.
214. Сейнхорст Д. В. Взаимоотношения нематод и растений-хозяев. *Сельское хозяйство за рубежом. Растениеводство*. 1961. № 8. С. 58-61.
215. Сергев В. В. Нематоды основных зерновых культур и агробиологическое обоснование мер борьбы с ними в Центрально-Черноземном районе РСФСР : автореф. дис. на соиск. ученой степени канд. биол. наук. М., 1986. С. 16.
216. Сигарёва Д. Д. Методические указания по выявлению и учету паразитических нематод полевых культур. К. : Урожай, 1986. 41 с.
217. Сигарёва Д. Д. Паразитические нематоды основных культур полевых свекловичных севооборотов Лесостепи Украины : автореф. дис. на соискание ученой степени д-ра. биол. наук : спец. 03.00.20 „Гельминтология”. М., 1988. 39 с.

218. Сигарёва Д. Д., Мирошник Т. Г., Подгаецкий А. А. Использование генофонда картофеля при создании фитофторо и нематодоустойчивого исходного материала: Тези доп. міжнар. наради, м. Немішаєве-Оброшино. К., 1994. С. 49.
219. Сігарьова Д.Д., Бабич А.Г., Бабич О.А. Моніторинг паразитичних нематод хмелю. Захист і карантин рослин: Міжвідомчий тематичний науковий збірник. 2010. Вип. 56. С. 138-147.
220. Сігарьова Д. Д., Бабич А. Г., Бабич О.А. Паразитичні нематоди хмелю. *Карантин і захист рослин*. 2011. № 7. С. 4-6.
221. Сігарьова Д. Д., Жиліна Т. М., Свинар О. П. За допомогою сортів зниження чисельності *Globodera rotochiensis* Woll. *Захист рослин*. 2003. № 1. С. 10-11.
222. Сігарьова Д. Д., Жиліна Т. М., Свинар О. П., Ніколайчук Л. П. Використання нематодостійких сортів картоплі для очищення ґрунтів від цистоутворюючої золотистої нематоди. *Матеріали міжнар. наук. - практ. конф. „Інтегрований захист рослин на початку ХХІ століття”*. Київ, 2004. С. 759-764.
223. Сігарьова Д. Д., Мірошник Т. Г. Золотиста картопляна нематода в Україні і боротьба з нею. *Вісник аграрної науки*. 1994. № 5. С. 25-31.
224. Сигарёва Д. Д., Мирошник Т. Г. Селекция картофеля на устойчивость к глободерозу. *Защита растений*. 1995. № 3. С. 18.
225. Сігарьова Д. Д., Донченко М. Ф., Пилипенко Л. А. Нематодні хвороби. *Захист рослин*. 1998. № 9. С. 9.
226. Сигарева Д. Д., Пилипенко Л. А., Ковалишина Т. М., Никишичева Е. С., Галаган Т. А. Возможность использования протравителей озимой пшеницы против паразитических нематод. *Тезисы 4-го междунар. нематологического симпозиума, посвященного 110-летию со дня рождения проф. А. А. Парамонова*. Москва, 2001. С. 105-107.
227. Сігарьова Д. Д., Пилипенко Л. А. Бурякова нематода. *Захист рослин*. 2001. № 4. С. 11-12.

228. Сігарьова Д. Д., Пилипенко Л. А., Осипчук А. А., Тактаев Б. А. Оцінка селекційного матеріалу на стійкість до картопляної нематоди (*Globodera rostochiensis* Woll). *Аграрний вісник Причорномор'я* : зб. наук. праць. Одеса, 1999. Вип. 3 (6), ч. II : Агрономія. С. 236-238.
229. Сільськогосподарська нематологія. Сігарьова Д. Д., Пилипенко Л.А., Борзих О.І., Ковтун А.М. Київ.: Аграр. Наука, 2017. 340 с.
230. Скарбилович Т. С. Свекловичная нематода и меры борьбы с ней. *Тр. ВИГИС*. М., 1960. Т. 8. 276 с.
231. Соловьёва Г. И., Потаевич Е. В., Богданова А. П., Макарычева И. В., Коваленко Т. Е. Физиология глободерорезистентности картофеля. Л.: Наука, 1989. 134 с.
232. Сойма Д. Ю., Понін І. Я. *Globodera rostochiensis* і проблеми присадибного картоплярства. *Науковий вісник Ужгород. ун-ту. Сер. Біол.* 1999. № 6. С. 109.
233. Сойма Д. Ю., Понін І. Я. Дія нематодостійких сортів картоплі на очищення ґрунту від картопляної нематоди в умовах Закарпатської області. *Науковий вісник Ужгород. ун-ту. Сер. Біол.* 1997. № 4. С. 160-161.
234. Сосенко О. Б. Комплекс фітонематод бурякових агроценозів та заходи регулювання їх чисельності : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 06.01.11 „Фітопатологія”. Київ, 1998. 20 с.
235. Сосновска Д. Использование грибов в биологической борьбе с фитопаразитическими нематодами. *Инф. бюл. / Междунар. организация по биол. борьбе с вредителями животных и растений Восточнопалеаркт. секц.*, 2002 № 33. С. 86–88.
236. Сосновска Д. Вплив паразитичних грибів на щільність популяції бурякової нематоди (*Heterodera schachtii* Schmidt) на полях різних сівозмін. *Вісник захисту рослин*. 2003. N 3. С. 39-42.
237. Стефановская Т. Р. Биологические обоснование приемов снижения численности фитогельминтов при интенсивной технологии выращивания сахарной свеклы: автореф. дис. на соискание ученой

- степени канд. биол. наук: спец. 06.01.11 „Защита растений от вредителей и болезней”. Киев, 1992. 25 с.
238. Стоянов Д. Пшеничная цистообразующая нематода – снижение урожая зерновых культур. *Агрокомпас*. 1994. Т. 10, № 9-12. С. 34.
 239. Стратегія і тактика захисту рослин. Т.1 Стратегія. За ред. Акад. НААН України, д.б.н., проф. В.П.Федоренка. К.: Альфа-стевія, 2012. 500 с.
 240. Стратегія і тактика захисту рослин.Т.2 Тактика. За ред. акад. НААН України, д.б.н., проф. В.П.Федоренка. К.: Альфа-стевія, 2015. 792 с.
 241. Субботин С. А. Цистообразующие нематоды в России. *Защита и карантин растений*. 1997. №7. С. 12.
 242. Сухарева Р. Д. Глободероз картоплі та заходи обмеження його шкідливості в Західному Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 06.01.11 „Фітопатологія”. Київ, 2009. 22 с.
 243. Сухарева Р.Д., Бабич А.Г., Бабич О.А. Глободероз картоплі. – Київ : НУБіП України, 2015. – 513 с.
 244. Тарасова В. П., Карасева Е. Ф. Тиазон – препарат для борьбы с золотистой картофельной нематодой. // *Биологические основы борьбы с нематодами*. М., 1982. С. 54-57.
 245. Теньковцева Э. С., Дацук Н. М. Предшественники и численность овсяной нематоды. *Защита растений*. 1975. № 9. С. 14.
 246. Теплякова Т. В. Ананько Г. Г. Хищные грибы-гифомицеты против паразитических нематод. *Защита растений*. 2009. № 6. С. 22-25.
 247. Термено В. К. Овсяная нематода на зерновых культурах в Центральном Полесье Украины и обоснование мер борьбы с ней: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук: спец. 03.00.20 „Гельминтология”. Москва, 1988. 22 с.
 248. Тимофеев Н. Н. Агробιολογическое обоснование мер борьбы с возбудителем глободероза картофеля в Белоруссии: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук. М., 1975. 19 с.

249. Тихонова Л. В., Паршин Б.П. Методические указания по выявлению и учету овсяной цистообразующей нематоды и мерам борьбы с ней. М. : Колос, 1979. 48 с.
250. Тихонова Л. В., Марьяновская М. В., Масюк Ю. А., Яшина И. М. Биологический метод борьбы с глободерозом картофеля – эффективное звено интегрированной защиты растений. *Аграр. Россия*. 1999. № 3. С. 22-28.
251. Туленгутова К. К., Сагитов А. О. Влияние энтомопатогенного гриба в регуляции плотности свекловичной гетеродеры. *Всесоюз. конф. «Нематодные болезни растений»*: тезисы докл. и сообщений. Кишинев, 1991. С. 98-99.
252. Тряхов А. Н., Шестеперов А. А. Влияние золотистой картофельной нематоды на продуктивность восприимчивых и нематодоустойчивых сортов картофеля в условиях Московской области. 1-я *Всерос. конф. по иммунитету растений к болезням и вредителям, посвященная 300-летию Санкт-Петербурга* (Санкт-Петербург, 2002): науч. материалы. СПб.-Пушкин, 2002. С. 236-237.
253. Федоренко В. П. Многолетняя динамика численности свекловичной нематоды. *XI Всесоюз. конф. «Нематодные болезни растений»* : тезисы докл. и сообщений. Кишинев, 1991. С. 46-47.
254. Фитопаразитические нематоды России / Под ред. С. В. Зиновьевой, В. Н. Чижова. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2012. 386 с.
255. Филиппев Н. Н. Нематоды вредные и полезные в сельском хозяйстве. М. - Л. Сельхозгиз, 1936. 436 с.
256. Царик Й. В. Популяційно-консортивні засади управління фітобіотою в умовах антропопресії. *Матеріали 6 міжнар. конф. «Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку»*. Донецьк, 2010. С. 501-503.

257. Чакаева Л. Ш. Свекловичная нематода в Киргизии и обоснование методов борьбы с нею: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук: 03.00.20. Алма-Ата, 1984. 22 с.
258. Шестеперов А. А. Использование растений индикаторов для фитогельминтологической диагностики почв. Пробл. почвенной зоологии : тезисы докл. VIII. Всесоюз. совещания. Ашхабад, 1984. С. 161-162.
259. Шестеперов А. А. Эпифитотический процесс при глободерозе картофеля. *Бюл. Всесоюз. ин-та гельминтологии.* – 1989. № 50. С. 133-134.
260. Шестеперов А. А. Влияние механизма передачи на эволюционную тактику возбудителей фитогельминтозов. *Ассоциативные паразитарные болезни, проблемы экологии и терапии.* Материалы докладов научной конференции. М. ВОО, РАН. 1995. С. 41-42.
261. Шестеперов А. А. Эпифитотиология фитогельминтозов сельскохозяйственных культур: автореф. дис. на соискание ученой степени д-ра. биол. наук: спец. 03.00.19 „Паразитология, гельминтология”. Москва, 1996. 60 с.
262. Шестеперов А. А. Устойчивые к глободерозу сорта и гибриды картофеля в России. *Защита и карантин растений.* 1997. № 10. С. 31.263
263. Шестеперов А. А. Роль семенного материала в распространении возбудителей фитогельминтозов. *Агро XXI.* 2000. N 9. С. 8-9.
264. Шестеперов А. А., Шавров Г. Н. Выявление и учет фитогельминтозов : метод. пособ. Воронеж, 1984. 88 с.
265. Шестеперов А. А. 100 вопросов и ответов о получении урожая картофеля в очагах золотистой картофельной нематоды и других почвообитающих вредных организмов. М., 2009. 121 с.

266. Шестеперов А. А. Фитогельминтологическая ситуация на посадках картофеля в Центральном регионе России. *Защита и карантин растений*. 2011. № 5. С. 52.
267. Шестеперов А.А., Перевертин К.А., Приданников М.В. Свекловичная цистообразующая нематода и ее опасность для сахарной свеклы. *Сахарная свекла*. 2018. №2. С. 18-23.
268. Шестеперов А.А., Лукянова Е.А. Принципы и методы моделирования развития глободероза картофеля от агрометеорологических условий. *Российский паразитологический журнал* 2018. № 2. С. 95-103.
269. Шибаова Т. Н., Поскольный Н. Н. Овсяная нематода в Алтайском крае. *Защита растений*. 1976. № 9. С. 46.
270. Шибаова Т. Н., Шавров Г. Н., Метлицкий О. З. Паразиты зерновых культур. *Защита растений*. 1986. № 2. С. 56-58.
271. Шлепетене Ю. А. Антропогенное воздействие на почвенных и растительных нематод. Вильнюс, 1986. 190 с.
272. К познанию распространения свекловичной гетеродеры *Heterodera schachtii* Schmidt в Литовской ССР. *Вопросы фитогельминтологии*. М., 1961. С. 216-217.
273. Шпаар Д., Драгер Д., Каленська С., Захаренко А. Цукрові буряки (вироснування, збирання, зберігання), та ін.]; під заг. ред. Д. Шпаара. К. : ННЦ ІАЕ, 2005. 340 с.
274. Abdollahi M. Comparison of some Indian populations of cereal cyst nematode, *Heterodera avenae* (Wollenweber, 1924) using RAPD. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences*. 2008. Vol. 45. P. 1-10.
275. Abundant and diverse fungal microbiota inhabit the white females and brown cysts of the cereal cyst nematode / J. Hu, M. Hussain, X. Zhang, J. Tian, X. Liu, Y. Duan et al. *Applied Soil Ecology*. 2019. Vol. 147, March 2020, 103372 - <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103372>
276. Active uptake of cyst nematode parasitism proteins into the plant cell nucleus / Elling, E. L. Davis, R. S. Hussey, T. J. Baum. *International*

- Journal for Parasitology. September 2007. Vol. 37, Issue 11. P. 1269-1279
- <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2007.03.012>
277. Advancing nematode barcoding: A primer cocktail for the cytochrome c oxidase subunit I gene from vertebrate parasitic nematodes. *Molecular Ecology Resources*. 2013. Vol. 172.
 278. Ali M. A., Abbas A. Analysis of reporter proteins GUS and DsRed driven under the control of CaMV35S promoter in syncytia induced by beet cyst nematode *Heterodera schachtii* in Arabidopsis roots. *Adv. Life Sci*. 2016. Vol. 3. P. 89–96.
 279. Amiri S., Subbotin Sergei A., Moens Maurice. An efficient method for identification of the *Heterodera schachtii* sensu stricto group using PCR with specific primers. *Nematol. mediterr.* 2001. N 2 P. 241-246.
 280. Amiri Saide, Subbotin Sergei A., Moens Maurice. Identification of the beet cyst nematode *Heterodera schachtii* by PCR. *Eur. J. Plant Pathol.* 2002. N 6, T. 108. C. 497-506.
 281. Ambrogioni Laura, Irdani Tiziana. Ambrogioni Laura. Identification of *Heterodera schachtii* group species in Italy by morphometrics and RAPD-PCR. *Nematol. Mediter.* 2001. Vol. 29, № 2. C. 159-168.
 282. An Arabidopsis thaliana Pectin Acetylerase Gene Is Upregulated in Nematode Feeding Sites Induced by Root-knot and Cyst Nematodes / Isabel Vercauteren, Janice de Almeida Engler, Ruth De Groodt, Godelieve Gheysen. *Molecular plant*. 2002. The American Phytopathological Society
<https://doi.org/10.1094/MPMI.2002.15.4.404>
 283. Apoplastic Venom Allergen-like Proteins of Cyst Nematodes Modulate the Activation of Basal Plant Innate Immunity by Cell Surface Receptors / Jose L. Lozano-Torres, Ruud H. P. Wilbers, Sonja Warmerdam, Anna Finkers-Tomczak, Amalia Diaz-Granados et al. *PLoS Pathog.* 2014 Dec. 10(12). e1004569. Published online 2014 Dec 11. doi: 10.1371/journal.ppat.1004569

284. Application of new microbial plant resistance/plant growth protection inducers for increasing Chinese cabbage plant tolerance against parasitic nematodes *Heterodera schachtii* Schmidt / Biliavska L. O., Tsygankova V. A., Kozyriska V. E., Iutynska G. O., Andrushevich Ya. V., Babich O. A. et al. International Journal of Research in Biociences. 2016. Vol. 5 (2). P. 64-82.
285. Arndt M., Grosse E., Muller J. Ist der Schlupftest mit Acetox-Lösung zum quantitativen Nachweis von Rubennematoden (*Heterodera schachtii*) als Routinetest geeignet? , *Gesunde Pflanz.* 2000. N 7/8, T. 52. S. 234-239.
286. Arntz F., Baker J. Variation in number of cysts formed on susceptible potato cultivars with various populations of *G. rostochiensis* and *G. pallida*. *Euphytica*. 1988. Vol. 39. P. 99-104.
287. Artemisia annua compounds have potential to manage root-knot and potato cyst nematodes / [Trifone D'Addabbo, Maria Pia Argentieri, Vincenzo Radiccia, Francesco Grassic, Pinarosa Avatob]. Industrial Crops and Products. 1 December. Vol. 108. 2017, P. 195-200. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.06.025>
288. Atkinson H. I., Holz R. A., Riga E., Main G., Oros R., Franco J. An algorithm for optimizing rotational control of *Globodera rostochiensis* on potato crops in Bolivia. *Nematod.* 2001. Vol. 33, № 2/3. P. 121-125.
289. Aumann Jens, Ladehoff Helga, Rutencrantz Susanne. Gas chromatographic characterization of the female sex pheromone of *Heterodera schachtii* (Nematoda: Heteroderidae) Fundam. and Appl. *Nematol.* 1998. N 2, T. 21 P. 119-122.
290. Bacic J., Stare B. G., Sirca S., Urek G. Analyses of *Globodera rostochiensis* and *G. pallida* populations from Serbia by morphometrics and real-time PCR. *Russian Journal of Nematology*. 2008. Vol. 16. P. 63-65.
291. Bacic J., Stare B. G., Sirca S., Urek G. Analyses of *Globodera* Bogdanović O., Smits A.H., de la Calle Mustienes E., Tena J. J., Ford E. Active DNA

- demethylation at enhancers during the vertebrate phylotypic period. *Nat Genet.* 2016. Vol. 48. P. 417–426.
292. Bajaj H. K., Kanwar R. S. Parasitization of maize by *Heterodera avenae* and *H. filipjevi*. *Nematologia Mediterrane.* 2005. Vol. 33. P. 203-207.
 293. Bakker E., Dees R., Bakker J., Govers A. Mechanisms Involved in Plant Resistance to Nematodes. Multigenic and Induced Systemic Resistance in Plants. Eds. Tuzun S., Bent E. P. 2006. 314-334.
 294. Banyer R. J., Ficher J. M. Mechanism controlling hatching of *Heterodera avenae*. *Nematologica.* 1980. Vol. 26, № 4. P. 390-395.
 295. Barker K. R., Noe J. P. Establishing and using threshold population levels. *Vistas on nematology.* - 1987. - P. 75-81.
 296. Barth P., Stelzer R., Wyss U. Veränderungen des Mineral stoffhaus haltes in Zukerruben nach Befoll durch den Zustennematoden *Heterodera schachtii*. *Kali-Briefe (Buntehof). Hannover.* 1983. Bd. 16, № 10. S. 627-638.
 297. Beane J., Perry R. The influence of certain herbicides in pelleted form on the hatch and invasion of *Globodera rostochiensis*, *G. pallida* and *Heterodera schachtii*, *Rev. nematol.* 1990. Vol. 13, № 3. P. 275-281.
 298. Becker J. O. Impact of soil suppressiveness. *Ann. Appl. Biol.* – 2001. N 3, T. 138. P. 371-376.
 299. Bell D., Schlang J. Problems with *Heterodera schachtii* in reclaimed soils *Nematologica.* 1995. N 3, T. 41. S. 283.
 300. Bello A., Escuer M., Sanz R. El genero *Heterodera* en hortalizas en Espana *Bol. sanid. veg. Plagas.* 1999. N 3, T. 25. S. 321-334.
 301. Bellvert J., Crombie K., Horgan F. Effect of sample size on cyst recovery using flotation methods: Recommendations for soil processing during EU monitoring of potato cyst nematodes (*Globodera* spp.). *EPPO Bulletin.* 2008. Vol. 3. P. 205-210.
 302. Bendixen L. E. Major weed hosts of nematodes in production/. Wooster Ohio, 1988. 22 p.

303. Bert W., Leliaert F., Vierstrate A. R., Vanfleteren J. R., Borgonie G. Molecular phylogeny of the Tylenchina and evolution of the female gonoduct (Nematoda: Rhabditida). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2008. Vol. 48. P. 728-744.
304. Biology of the Europ cyst nematode *Heterodera schachtii*. II. Host—parasite relationship of the nematode and its interaction with *Verieilium albo-atrum*/ Mende N. Von, McNamara D.G. *Ann. Appl. Bid.* 1995. T. 126, № 3. P. 517-526.
305. Biological control of plant-parasitic nematodes using nematophagous fungi: Заявка 0623284 ЕПВ, МКИ АОШ «3/04 / Den Bclder E.; Research Institute for plant protection. - № 93107231.8; Заявл. 04.05.93; Оpubл. 09.11.94, Бюл. 1994. – № 94/45.
306. Boag B., Gegehegan I. An evaluation of agriculturae and horticultural crops as host the plant-parasitic nematode *Longidorus elongatus* (Nematoda, Dorylaimida). *Crop. Res.* - 1984. – Vol. 24, № 2. - P. 85-95.
307. Boag B. Influence of interspecific competition on the population dynamics of migratory plant parasitic nematodes with r and k survivae strategies / B. Boag, T. Alphey // *Rev. nematol.* - 1988. – Vol. 11, № 3. - P. 321-326.
308. Bockenhoff A., Grundler F.M.W. Studies on the nutrient uptake by the beet cyst nematode *Heterodera schachtii* in situ microinjection of fluorescent probes into the feeding structures in *Arabidopsis ithaliana*. *Parasitology*. 1994. N 2, т. 109. S. 249.
309. Bohlmann H., Sobczak M. The plant cell wall in the feeding sites of cyst nematodes. *Frontiers in plant science*. 2014. - <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00089>
310. Bossis Michel, Georges Caubel, Catherine Porte. Variabilite proteique observee par electrophorese bidimensionnelle sur neuf isolats *Heterodera schachtii* provenant de six pays europeens et sur deux isolats d'. *trifolii f.sp.* beta *Fundam. and Appl. Nematol.* 1997. N 2, т. 20. P. 149-155.

311. Bradshaw I. E., Dale M.F.B., Phillips M.S. Breeding potatoes at SCRI for resistance to potato cyst nematodes. *Annu. Rept.* 1995/ Scott. Crop Res. Inst. Dundee, 1996. P. 30-34.
312. Brodie B. B., Mai W. F. Control of the golden nematode in the United States / B.B. Brodie, *Annu. E. Rev. Phythopathol.* -alo Alto (Calif.).1989. Vol. 27. P. 443-461.
313. Brodie B. B. Potato cyst nematodes, biology, distribution and control. Wallingford, UK, CABI Publishing. 2010. Vol. 8A. P. 91-114, 313.
314. Brown R. H. Studies on the Australian pathotupo of *Heterodera avenae*. *Bull. OBPP*. 1982 b. Vol. 12, № 4. P. 413-421.
315. Brzeski M. W. Population dynamics of *Heterodera schachtii* on cabbage in the vecinity of Warsem. *Zesm. probl. post nauk. rol.* 1983. № 277. P. 59-67.
316. Bundesanst. *Land and Forstwirt.* Berlin-Dahlem, 1988. № 245. S. 438.
317. Burrows Paul R., Perry Roland N. Two cloned DMA fragments which differeciate *Globodera pallida* from *G. rostochiensis*., *Rev. Nematol.* 1988. Vol. 11, N 4. P. 441-445.
318. Cabrera J., Barcala M., García A., Rio-Machín A. Differentially expressed small RNAs in Arabidopsis galls formed by *Meloidogyne javanica*: a functional role for miR390 and its TAS3-derived tasiRNAs. *New Phytol.* 2016. Vol. 209. P. 1625–1640.
319. Cai D., Thurau T., Tian Y. (et al). Sporamin-mediated resistance to beet cyst nematodes (*Heterodera schachtii* Schm.) is dependent on trypsin inhibitory activity in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) hairy roots. *Plant Mol Biol.* 2003. Vol. 51. P. 839–849.
<https://doi.org/10.1023/A:1023089017906>
320. Castillo J. C., Reynolds S.E., Eleftherianos I. Insect immune responses to nematode parasites. *Trends Parasitol.* 2011. Vol. 27. P. 537–547. doi: 10.1016/j.pt.2011.09.001.

321. Caubel G., Chaubet B. Methodologie pour l'evaluation de la resistance des cruciferes a *Heterodera schachtii* Schmidt: (nete presentee par M.Ritter). *C.r. Acad. agr. Fr.* 1988. Vol. 74, № 3. P. 93-98.
322. Cayrol par J.-C., Caporalino Caroline Djian, Panchaud-Mat-tei Elisa. La lutte biologique centre les nematodes phytoparasites. *Courr. Cell, environ.* 1992. № 1. C. 31-44.
323. Cereal cyst nematodes: A complex and destructive group of *Heterodera species* / Richard W. Smiley, Abdelfattah A. Dababat, Sadia Iqbal, Michael G. K. Jones, Zahra Tanha Maafi, Deliang Peng, Sergei A. Subbotin. *Plant Diases.* 2017. Vol. 101, No. 10.
324. Clarke Albert J., Hennesy Judy. Hatching agents as stimu lants of movement of *Globodera rostochiensis* juvenile / Albert J. Clarke, *Hev. Nematol.* 1997. Vol. 10, N 4. P. 471-476.
325. Chen Q., Rehman S., Sman, G., Jones, J. T. Functional analysis of pathogenicity proteins of the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* using RNAi. *Mol. Plant Microbe. Interact.* 2005. Vol. 18. P. 621–625. doi: 10.1094/MPMI-18-0621
326. Chitwood D. J. Research on plant-parasitic nematode biology conducted by the United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service. *Pest Manag. Sci.* 2003. Vol. 5. P. 748–753. doi: 10.1002/ps.684.
327. Coenen H. Ist eine biologische Bekämpfung des Rubennematoden *Heterodera schachtii* möglich. *Zuckerrube.* 1981. Vol. 30, № 1. P. 28-32.
328. Contina J. B., Dandurand L. M., Knudsen G. R. A Spatial Analysis of the Potato Cyst Nematode *Globodera pallida* in Idaho 2018. *Phytopathology™.* 2018. Vol. 108, No. 8.
329. Contina J. B., Dandurand L. M., Knudsen G. R. A Predictive Risk Model Analysis of the Potato Cyst Nematode *Globodera pallida* in Idaho. *Plant Disease,* 2019. Vol. 103, No. 12.

330. Contina J. B., Dandurand L. M., Knudsen G. R. A Spatiotemporal Analysis and Dispersal Patterns of the Potato Cyst Nematode *Globodera pallida* in Idaho. *Phytopathology*TM. 2020. Vol. 110, No. 2.
331. Cook R., Lood R.W. Resistance in wheat to *Heterodera avenae* in Australia and Britain. *Nematologica*. 1980. Vol. 26, № 2. P. 274-277.
332. Cook R. Cereal and hostys of some cyst nematodes. / *Nematologica*. 1982 b. Vol. 28, № 2. P. 140. Cooke D. The effect of resistant cultivars of catch crops on the hatching of *H. schachtii*. *Ann. appl. Biol.* 1985. Vol. 106, № 1. P. 111-120.
333. Cooke D. The effect of resistant cultivars of catch crops on the hatching of *H. schachtii*. *Ann. appl. Biol.* 1985. Vol. 106, № 1. P. 111-120.
334. Cooke D. Controlling docking disorden. *British Sugar Beet Review*. 1986 Vol. 54, № 1. P. 62-64.
335. Cooke D. A. The effect of beet cyst nematode, *Heterodera schachtii*, on the yield of sugar beet in organic soils. *Ann. Appl. Biol.* 1991. Vol. 118, № 1. P. 153-160.
336. Cooper Dustin, Eleftherianos Ioannis. Parasitic Nematode Immunomodulatory Strategies: Recent Advances and Perspectives. *Pathogens*. 2016 Sep. 5(3). P. 58. Published online 2016 Sep 14. doi: 10.3390/pathogens5030058
337. Cooper Dustin, Ioannis Eleftherianos. “Parasitic Nematode Immunomodulatory Strategies: Recent Advances and Perspectives”. *Pathogens* (Basel, Switzerland). 2016. 14 Sep. Vol. 5, 3, 58., doi:10.3390/pathogens5030058
338. Cohn E., Spiegel Y. Root-nematode interaction / Plant roots: The bidden half / Eds. Y. Waisel et el. / N. Y.: Dekker, 1991. P. 789-805.
339. Cotton J. A., Lilley C. J., Jone, L. M. The genome and life-stage specific transcriptomes of *Globodera pallidae* lucidate key aspects of plant parasitism by a cyst nematode. *Genome Biol.* 2014. 1. R43. <https://doi.org/10.1186/gb-2014-15-3-r43>

340. Crump D. H. A split root method for observing female cyst nematodes developing on roots in the absence of soil. *Nematologica*. 1992. Vol. 38, № 2. P. 255-258.
341. Cyst Nematode Parasitism Induces Dynamic Changes in the Root Epigenome / Tarek Hewezi, Thomas Lane, Sarbottam Piya, Aditi Rambani, J. Hollis Rice, Meg Staton. Published May 2017. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.16.01948>
342. Dababat A. A., Ferney G.-B. H., Erginbas-Orakci G., Dreisigacker S. Association analysis of resistance to cereal cyst nematodes (*Heterodera avenae*) and root lesion nematodes (*Pratylenchus neglectus* and *P. thornei*) in CIMMYT advanced spring wheat lines for semi-arid conditions. *Breed. Sci.* 2016. Vol. 6. P. 692–702.
343. Dale M.F.B. Breeding for improved potato cyst nematode resistant cultivars. *Nematologica*. 1988. Vol. 34, N 3. P. 264.
344. Dalmaso A., Missannier J. La lutte integre contre les nematodes des cultures: interet des Varietes résistantes. *Phytoma def. cult.* 1986. № 378. P. 13-16.
345. Damage-associated responses of the host contribute to defence against cyst nematodes but not root-knot nematodes / [Syed Jehangir Shah, Muhammad Shahzad Anjam, Badou Mendy, Muhammad Arslan Anwer et al.]. *Journal of Experimental Botany*. 2017. Vol. 68, Issue 21-22, 16 December. P. 5949–5960, <https://doi.org/10.1093/jxb/erx374>
346. Danerversuch mit Zuckerruben auf einem gunawasserfernem Sandstandort. *Arch. Ackr. und Pflanzenbau und Bodenk.* 1985. Vol. 29, № 12. S. 773-781.
347. Davie L. J., Lilley C. J., Knox P. J., Urwin P. E. Syncytia formed by adult female *Heterodera schachtii* in *Arabidopsis thaliana* roots have a distinct cell wall molecular architecture. *New Phytol.* 2012. Vol. 19. P. 238–246. doi: 10.1111/j.1469-8137.2012.04238.x

348. Decker H., Dowe A. Untersuchungen zu den Wirtspflanzenkreisen von Ruben- und Kleezystenälchen (*Heterodera spp.*). *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft*. Berlin-Dahlem, 1990. № 266. S. 445.
349. De Almeida Engler J., Gheysen G. Nematode-induced endoreduplication in plant host cells: why and how? *Mol. Plant Microbe Interact.* 2013. Vol. 26. P. 17–24. doi: 10.1094/MPMI-05-12-0128-CR
350. De Boer J. M., Davis E. L., Hussey R. S., Popeijus H., Smant G. Cloning of a putative pectate lyase gene expressed in the subventral esophageal glands of *Heterodera glycines*. *J. Nematol.* 2002. Vol. 34. P. 9–11.
351. De Pelsmacker M., Coomans A. Nematodes in potato fields the relations to some biotic and abiotic factors. *Meded. Fac. Landbouwwetensch. Rijksuniv. Gent*. 1987. Vol. 52, № 2 B, Dec 12. P. 561-569.
352. Discrimination of Plant-Parasitic Nematodes from Complex Soil Communities Using Ecometagenetics / Dorota L. Porazinska, Matthew J. Morgan, John M. Gaspar, Leon N. Court, Christopher M. Hardy. *Phytopathology*TM. June 2014. Vol. 104, No. 7.
353. Dna barcoding, phylogeny and phylogeography of the cyst nematode species from the genus *Globodera* (Tylenchida: Heteroderidae) / Subbotin Sergei A., Javier Franco, Rinus Knoetze, Tatiana V. Roubtsova, Richard M. Bostock. 2020. Vol. 22, Issue 3. P 269–297. DOI: <https://doi.org/10.1163/15685411-00003305>
354. Dobosz Renata. Additional data on plant parasitic nematodes on sugar beet in the Wielkopolska Region in Poland. *J. Plant Prot. Res.* – 1999. – N 2, т. 39. – С. 107-108.
355. Dobosz Renata. Stopień spasozytowania jaj przez grzyby w populacjach matwika burakowego w Wielkopolsce. *Post. ochr. rosl.* – 1999. N 2, т. 39. S. 475-476.
356. Doucet M., LAX P., Coronel N. The soybean cyst nematode *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952 in Argentina. Ciancio A., Mukerji K. G. (Eds).

- Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes*. The Netherlands, Springer. 2008. P. 127-148.
357. Dowe A., Deeker H. Unkräuter als wirte Zystenbildender Nematoden. *Nachrbl. Pflzschuts in DDR*. 1985. Bd. 39, № 7. S. 139-141.
358. Dowe A., Deeker H., Hassan D. Induzierung von Resistenz und Toleranz bei Tomaten gegenüber dem Kartoffelzystennematoden (*Globodera rostochiensis*). *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirt. Berlin-Dahlem*. 1996. N 321. S. 270.
359. Duceppe M., Lafond-Lapalm J., Palomares-Rius J.E. et al. Analysis of survival and hatching transcriptomes from potato cyst nematodes, *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Sci Rep*. 2017. Vol. 7. P. 38-82. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-03871-x>
360. Economics of trap cropping for sugarbeet nematode control. *J. Sugar Beet Res.* – 2000. – N 1, T. 37. – P. 45-55.
361. Eigner Herbert. Fadenwurmer Leitfaden für die Bekämpfung. *Agrozucker*. 2000. N 2. S. 22-24.
362. Erratum to “FMRFamide-related peptides in potato cyst nematodes” / Michael J. Kimber, Colin C. Fleming, Anthony J. Bjourson, David W. Halton, Aaron G. Maule. *Molecular and Biochemical Parasitology*. 9 April 2002. Vol, 120, Issue 2, P. 327-328 [https://doi.org/10.1016/S0166-6851\(01\)00323-1](https://doi.org/10.1016/S0166-6851(01)00323-1)
363. Eschert Heike. Einsatz molekularbiologischer Methoden bei der Differenzierung des Pathotyps Schach1 in *Heterodera schachtii*-Populationen. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirt.*– Berlin-Dahlem. 1996. N 32. S. 100.
364. Evaluation and implementation of a potential diagnostic molecular marker for H1-conferred potato cyst nematode resistance in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Breeding*. 2012. Vol. 131, No. 2.

365. Evans K., Russel M. D. Field trials using single plants as whole plots, with and without nematicide treatment, to assess tolerance to attack by *Globodera rostochiensis*. *Ann. Appl. Biol.* 1990. Vol. 117, N 3. P. 595-610.
366. Eves-Van Den Akker S., Laetsch D. R., Thorpe P., Lilley C. J., Danchin E. G. J. The genome of the yellow potato cyst nematode, *Globodera rostochiensis*, reveals insights into the basis of parasitism and virulence. *Genome Biol.* 2016. Vol. 17. P. 124.
367. Experience-dependent olfactory behaviors of the parasitic nematode *Heligmosomoides polygyrus* / Felicitas Ruiz, Michelle L. Castelletto, Spencer S. Gang, Elissa A. Hallem. *PLoS Pathog.* 2017 Nov. Vol. 13(11). e1006709. Published online 2017 Nov 30. doi: 10.1371/journal.ppat.1006709
368. Exploring the causes of small effective population sizes in cyst nematodes using artificial *Globodera pallida* populations / Josselin Montarry, Sylvie Bardou-Valette, Romain Mabon, Pierre-Loup Jan, Sylvain Fournet, Eric Grenier, Eric J. Petit. January 2019. Vol. 286, Issue 1894. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.2359>
369. Fatemy S., Abotorabi E. Hatching activity, invasion rate and reproduction of *Heterodera schachtii* on oilseed rape cultivars. *Nematol. mediterr.* 2002. N 2, T. 30. P. 163-166.
370. Fedorko Janusz. Strefy zagrożenia uprawy ziemniaka przez matwika ziemniaczanego na tle zasięgu jego występowania w Polsce. *Zesz. probl. post. Naukrol.* 1989. Vol. 358. P. 33-43.
371. Fei Q., Zhang Y., Xia R., Meyers B.C. Small RNAs add zing to the zig-zag-zig model of plant defenses. *Mol. Plant Microbe Interact.* 2016. Vol. 29. P. 165-169.
372. Feyerearts H., Coosemans J. Influence of the thiocarbamate herbicide cycloate on the attraction of beet cyst nematodes (*Heterodera schachtii* Schmidt) by their host plants *Meded. Fac. landbouwwetensch. Univ. Gent.* 1992. Bd. 57, № 3 A. S. 839-846.

373. Fischer W. Ackerbau contra Rubennematoden in der DDR - Erfahrungen, Ergebnisse und Ausblicke. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land - und Forstwirt. Berlin-Dahlem*.1990. № 266. S. 444.
374. First Report of the Cyst Nematode (*Heterodera filipjevi*) on Wheat in Henan Province, China / D. L. Peng, W. X. Ye, H. Peng, X. C. Gu. *Plant disease*, 2010, Vol. 94, No. 10 - Am Phytopath Society
<https://doi.org/10.1094/PDIS-04-10-0309>
375. First Report of Cyst Nematode (*Heterodera iri*) in Ohio / S. Joseph , F. Akyazi, A. Habtewld, T. Mekete, T. Creswell, G. E. Ruhl. *Plant diases/* 2018. Vol. 102, No. 5 <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-17-1846-PDN>
376. Florian M. W. Analyzing Cytokinin Responses During Plant-Nematode Interactions. GrundlerShahid Siddique *Auxins and Cytokinins in Plant Biology*. 2019. P. 151-158.
377. Fosu-Nyarko J. Analysis of the transcriptome of the infective stage of the beet cyst nematode. *H. schachtii*. PLoS ONE. 2016. Vol. 11. 147511, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147511> (2016).
378. *Front Plant Sci*. 2019. Vol. 10. P. 483. Published online 2019 Apr 17. doi: 10.3389/fpls.2019.00483
379. Furchert W. Untersuchungen zum Wurzelbefoll von Zuckerrubenjungpflanzen nut *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871 in Abhangigkeit von der Versuchmgsdichte in unterschiedlichen Bodensehichten und der Durchwurzelungstiefe. *Arch. Phytopathol. Pflzschutz*. 986. Bd. 22, № 1 S. 49-55.
380. Gabler C., Sturhan D., Subbotin S. A., Rumpenhors H. J. *Heterodera pratensis* sp. n., a new cyst nematode of the *H. avenae* complex (Nematoda: Heteroderidae). *Russian Journal of Nematology*. 2000. 8. P. 115-126.
381. Gardner Jeffrey, Caswell-Chen Edward P. Influence of cyst maturation on apparent population increases of *Heterodera schachtii* on root remnants *Fundam. and Appl. Nematol*. 1997. N 3, т. 20. S. 269-276.

382. Gardner Michael, Melissa AnjuVermaa, Mitchum. G. Chapter. Eleven - Emerging Roles of Cyst Nematode Effectors in Exploiting Plant Cellular Processes. *Advances in Botanical Research*. 2015. Vol. 73, March. P. 259-291.
383. Gierth K., Hallmann J., Schlang J., Muller J., Sikora R. A. Toleranzmechanismen gegenüber pflanzenparasitären Nematoden am Beispiel von Zuckerruben / *Heterodera schachtii*. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem*, 2002. N 390. S. 176-177.
384. Gleissl W. Ackerunkrauter als Wirtspflanzen des Rubennematoden (*Heterodera schachtii* Schm.). Kenntnisstand nach Auswertung einschlägiger Fachliteratur. *Bayer, landwirt. Jahrb.* 1985. Bd. 82, № 3. S. 97-101.
385. Gleissl W., Bachthaler G., Hoffmann G. Untersuchungen zur Wirtseignung verschiedener geographischer Herkunft von Ackerunkrautern gegenüber dem Rubenzystenälchen *Heterodera schachtii* Schmidt. *Weed. Res.* 1989. Bd. 29, № 3. S. 221-228.
386. Golinowski W., Grundler F.M.W., Sobczak M. Changes in the structure of *Arabidopsis thaliana* during female development of the plant-parasitic nematode *Heterodera schachtii*. *Protoplasma*. 1996. N 1/2, T. 1. P. 103-116.
387. Gonzales J. A., Rodriguez C. M., Phillips M. S. Epidemiological aspects of potato cyst nematodes (*Globodera spp.*) in the Canary Islands. 2nd bit Nematol Congr., Veldhoven, 11-17 Aug., 1990: Program and Abstr. Wageningen, 1990. S. 83.
388. Gotten J. Regulatory control of beet cyst nematodes in England. *Nematologica*. 1988. Vol. 34, № 3. P. 263-264.
389. Govers A., Smant G. The activation and suppression of plant innate immunity by parasitic nematodes. *Annu. Rev. Phytopathol.* 2014. 52. P. 243–265. doi: 10.1146/annurev-phyto-102313-050118.

390. Grenier E., Fournet S., Petit E., Anthoine G. A cyst nematode 'species factory' called the Andes. *Nematology*. 2010. 12. P. 163-169.
391. Griffin G. Integrated control of the sugar beet cyst nematode *Heterodera schachtii* Schmidt. *Sugarbeet*. 1981. P. 1-5.
392. Griffin G. D. The relationship of plant age, soil temperature, and population density of *Heterodera schachtii* on the growth of sugarbeet. *J. Nematol.* 1981. Vol. 13, № 2. P. 184-190.
393. Griffin G. D. Factors effecting the biology auf pathogenicity of *Heterodera schachtii* on Sugarbeet *J. Nematol.* 1988. Bd. 20, № 3. S. 396-404.
394. Grobe E. Gesetzliche Regelung und Praxis der Bekämpfung desKartoffelnematoden in der ehemaligen DDR: [Verl] 50 Dtsche Pflanzenschutztag., Munster, 23-26 Sept., 1996. *Mitt. Biol. Bundesans. Land- und Forstwirt. Berlin-Dahlem*, 1996. № 321. S. 368.
395. Grosse E., Beekor H., Feeke I. Untersuchunger zur Schadvirhung ven *Heterodera avenae* (Woll.) an getroide Nachrichtenbl. *Pflanzenschytz DDR*. 1982. Bd. 36, № 2. S. 33-37.
396. Gutberlet V. Untersuchungen zur biologischen Bekämpfung des Zuckerrubennematoden *Heterodera schachtii* mit dem verkapselten Pilz *Hirsutella rhossiliensis*. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirt. Berlin-Dahlem*. 998. N 357. P. 422-423.
397. Habash S. S., Radakovic Z. S., Vankova R., Siddique S. *Heterodera schachtii* Tyrosinase-like protein - a novel nematode effector modulating plant hormone homeostasis. *Sci. Rep.* 2017. Vol. 7. P. 68-74.
398. Hafer S. L. Nematodes greating problems for sugar beet growers. *Sugar Producer*. 1990. Vol. 16, № 3. P. 16-19.
399. Hafer S. L., Sundararaj P. Efficacy of seed crop meals for the management of *Heterodera schachtii* and *Meloidogyne chitwoodi* in pots. *Nematol. mediterr.* 2002. N 2, T. 30. P. 159-161.

400. Halford P. O., Russel M. D., Evans K. Observations on the population dynamics of *Globodera pallida* under single and double cropping conditions., *Ann. Appl. Biol.* – 1995. – № 126, № 3. – P. 527-537.
401. Halford P. O., Russell V. D., Evans K. Use of resistant and susceptible potato cultivars in the trap cropping of potato cyst nematodes, *Globodera pallida* and *G. rostochiensis*. *Ann. Appl. Biol.* 1999. Vol. 134, № 3. P. 321-327.
402. Hallmann Johannes. Biologische Bekämpfung pflanzenparasitärer Nematoden mit antagonistischen Bakterien. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem*. 2003. № 392. C. 1-128.
403. Heijbroek W. Some effects of fungal parasites on the population development of the beet cyst nematode (*Heterodera schachtii* Schm). *Meded Fac. landbouwwetensch. Rijksuniversiteit Gent*. 1983. Vol. 48, № 2. P. 433-439.
404. Heinen-Debrus A. Einfluss der Anbautechnik von Kreuzerzwischenerträgen auf die Population des Rubenzystenälchens *Heterodera schachtii* (Schmidt) sowie Ertrag und Qualität der Zuckerrübe : Diss. Dokt. Landwirt. Hohen Land Wirt. Fak. Rhein Friedrich. Wilhelms. Univ. Bonn., 1985. 141 s.
405. Heinrichs C. Problemlösungen bei der Bekämpfung des Rubennematoden *Heterodera schachtii* - Rheinische Erfahrungen mit nematodenresistenten Zuckerrüben. *Gesunde Pflanz.* 2000. N 2/3, T. 52. S. 67-70.
406. Hematy K., Cherk C., Somerville S. Host-pathogen warfare at the plant cell wall. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2009. 12. P. 406–413. doi: 10.1016/j.pbi.2009.06.007
407. *Heterodera schachtii* Tyrosinase-like protein - a novel nematode effector modulating plant hormone homeostasis / Samer S. Habash, Zoran S. Radakovic, Radomira Vankova, Shahid Siddique, Petre Dobrev, Cynthia

- Gleason [et al]. Sci Rep. 2017. Vol. 7. P. 6874. Published online 2017 Jul 31. doi: 10.1038/s41598-017-07269-7
408. Hewezi T., Baum, T. J. Manipulation of plant cells by cyst and root-knot nematode effectors. Mol. Plant Microbe. Interact. 2013. 26. P. 9–16. doi: 10.1094/MPMI-05-12-0106-FI
 409. Hewezi T., Howe P. J., Maier T. R., Hussey R. S Arabidopsis spermidine synthase is targeted by an effector protein of the cyst nematode *Heterodera schachtii*. Plant Physiol. 2010. Vol. 152, P. 968–984. doi: 10.1104/pp.109.150557.
 410. Hewezi T., Howe P., Maie, T. R., Hussey R. S. [et al]. Cellulose binding protein from the parasitic nematode *Heterodera schachtii* interacts with Arabidopsis pectin methylesterase: cooperative cell wall modification during parasitism. Plant Cell. 2008. Vol. 20. P. 3080–3093. doi: 10.1105/tpc.108.063065
 411. Hewezi T., Piya S., Qi M., Balasubramaniam M. Arabidopsis miR827 mediates post-transcriptional gene silencing of its ubiquitin E3 ligase target gene in the syncytium of the cyst nematode *Heterodera schachtii* to enhance susceptibility. Plant J. 2016. Vol. 88. P. 179–192.
 412. Hirsch C. D, Springer N. M. Transposable element influences on gene expression in plants. Biochim Biophys Acta. 2017. Vol. 1860. P. 157–165.
 413. Hisai J., Hirata K., Suzuki K. The relationship between cyst shape and pore size of sieves for Fenwick method. *Research Bulletin of the Plant Protection Service*. 2003. Japan Vol. 39. P. 61-63.
 414. Hofman J., Grundle, F. M. W. Females and males of root-parasitic cyst nematodes induce different symplasmic connections between their syncytial feeding cells and the phloem in *Arabidopsis thaliana*. Plant Physiol. Biochem. 2006. Vol. 44. P. 430–433. doi: 10.1016/j.plaphy.2006.06.006
 415. Hofmann J., Wieczorek K., Blöchl A., Grundler F. M. W. Sucrose supply to nematode-induced syncytia depends on the apoplasmic and symplasmic

- pathways. J. Exp. Bot. 2007. Vol. 58. P. 1591–1601. doi: 10.1093/jxb/erl285
416. Hogger C. H. Rubenkopf und Rubenzystennematiden an Ruben und Zurischen kulturen. *Landwirtsch Schwer*. 1989. Bd. 2, № 6. S. 323-328.
417. Holbein J., Grundler F.M., Siddique S. Plant basal resistance to nematodes: an update. J. Exp. Bot. 2016. Vol. 67(7). P. 2049–2061.
418. Holgado R., Rowe J., Andersson S., Magnusson C. Electrophoresis and biotest studies on some populations of cereal cyst nematode, *Heterodera* spp. (Tylenchida: Heteroderidae). *Nematology*. 2004. Vol. 6. P. 857-865.
419. Holterman M. H. M., Blokhina T., van den Elsen S. J. J., Lozano Torres J. L. New reference genome sequences for genotyping virulence in continental European field populations of cyst nematodes. Abstract from ESN Conference, Ghent, Belgium, 2018.
420. Holtmann B. Ultrastrukturelle und anatomische Untersuchungen zur Resistenzreaktion von Zuckerrube gegenüber dem Rubenzystennematoden *Heterodera schachtii* (Schmidt) / [B. Holtmann, M. Kleine, U. Wyss, F.M.W. Grundler] // Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirt. – Berlin-Dahlem. – 1996. – N 321. – S. 267.
421. Holtmann B., Lucke H., Kleine M., Grundler F.M.W. Ultrastrukturelle und anatomische Untersuchungen zur Nematodenresistenz in der Zuckerrube *B. vulgaris* und den Wildruben *B. patellaris* und *B. procumbens* gegenüber dem Rubenzysten nematoden *Heterodera schachtii* (Schmidt). *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirt. Berlin-Dahlem*, 1998. N 357. S. 418.
422. Hossain M. S, Kawakatsu T., Kim K. D., Zhang N., Nguyen C. T. et al. Divergent cytosine DNA methylation patterns in single-cell, soybean root hairs. *New Phyto*. 2017. Vol. 10.1111/nph.14421
423. Hoth S., Schneidereit A., Lauterbach C., Scholz-Starke J. Nematode infection triggers the de novo formation of unloading phloem that allows macromolecular trafficking of green fluorescent protein into syncytia. *Plant Physiol*. 2005. Vol. 138. P. 383–392. doi: 10.1104/pp.104.058800

424. Howe K. L., Bolt B. J., Cain S., Chan J. et al. WormBase 2016: Expanding to enable helminth genomic research. *Nucleic Acids Res.* 2016. Vol. 44. D774–D780.
425. Huijbregts A. W. M., Gijssels P. D., Munning R. G., Heijbroek W. Estimation of the field population and the vitality of *Heterodera schachtii*, measuring ATP, ADP and AMP contents of eggs and juveniles by HPLC. *Commun. Soil Sci. and Plant Anal.* 1996. N 5/8, т. 27. S. 1153-1168.
426. Impact of Microbial Biostimulants on Induction of Callusogenesis and Organogenesis in the Isolated Tissue Culture of Wheat in vitro / [Tsygankova V. A., Shysha E., Galkin A. P., Biliavska L. O., Iutynska G. O., Yemets A. et al. *J. Med. Plants. Stud.* 2017. № 5(3). P. 155-164.
427. Impact of New Microbial PR/PGP Inducers on Increase of Resistance to Parasitic Nematode of Wild and RNAi Transgenic Rape Plants / Tsygankova V. A., Biliavska L. O., Andrusevich Ya. V., Bondarenko O. N., Galkin A. P., Babich O. A. et al. *Advances in Bioscience and Bioengineering.* 2014. N 2(1). P. 66-103.
428. Inservia R. N., Griffin G. D., Vovlas N., Anderson J., Kerr E. D. Relationship between *Heterodera schachtii*, *Meloidogyne hapla* and *Nacobbus aberrans* on sugarbeet. *J. Nematol.* 1984. Vol. 16, № 2. P. 135-140.
429. Inshibashi N., Kondo E., Ito S. Effects of application of certain herbicides on soil nematodes and aquatic invertebrates in rice paddy fields in Japan. *Crop. Protect.* 1983. Vol. 2, № 3. P. 289-304.
430. Irehoim Anita. Long-term storage of *Heterodera avenae* cysts. *Fundam. and Appl. Nematol.* 1996. Vol. 19, № 4. P. 357-361.
431. Ismail S., Sikora R. A. Screening and pathogenicity of fungal to eggs of *Heterodera schachtii*. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirt. – Berlin-Dahlem.* 2002. N 390. S. 398.
432. Iturritxa E., Salazar A. Epidemiologia de *Heterodera schachtii*, nematodo de la remolacha en el Pais Vasco. *Bol. sanid. veg. Plagas.* 2002. N 4, т. 28. S. 561-569.

433. Iutynska G. O., Biliavska L. O., Kozyriska V. Development strategy for the new environmentally friendly multifunctional bioformulations based on soil streptomycetes. *Мікроб. журн.* 2017. Vol. 79(1). P. 22-33.
434. Jabbari H., Niknam G. SEM observation and morphometrics of the cabbage cyst nematode, *Heterodera cruciferae* Franklin, 1945, collected Brassica spp. are grown in Tabriz, Iran. *Turkish Journal of Zoology*. 2008. Vol. 32. P. 1-10.
435. Jaouannet M., Rosso M. N. Effectors of root sedentary nematodes target diverse plant cell compartments to manipulate plant functions and promote infection. *Plant Signal. Behav.* 2013. 8. e25507. doi: 10.4161/psb.25507
436. Jones F. G. Weather and plant parasitic nematodes. *Bull OEPP*. 1983. Vol. 13, № 2. P. 103-110.
437. Juergensen Katja, Scholz-Starke Joachim, Sauer Norbert, Hess Paul, van Bel Aart J. E., Grundler Florian M. W. The companion cell-specific arabidopsis disaccharide carrier AtSUC2 is expressed in nematode-induced syncytia. *Plant Physiol.* 2003. N 1, T. 131. S. 61-69.
438. Jung C., Wyss U. New approaches to control plant parasitic nematodes. *Appl. Microbiol. and Biotechnol.* 1999. N 4, T. 51. S. 439-446.
439. Kalyviotis-Gaselas Glairy. Control of golden nematode with granular nematicides. *Ann. Inst. phytopathol. Benaki*. 1982. Vol. 13, N 2. P. 145-150.
440. Kaushal K. K., Tiwari S. P., Rao U. *Heterodera glycines* in India – first report. *Annals of Plant Protection Sciences*. 2002. Vol. 10. P. 410.
441. Kazuki Sato, Yasuhiro Kadota, Ken Shirasu. Plant Immune Responses to Parasitic Nematodes. *Front Plant Sci.* 2019. 10. P. 1165. Published online 2019 Sep 26. doi: 10.3389/fpls.2019.01165
442. Kenney E., Eleftherianos I. Entomopathogenic and plant pathogenic nematodes as opposing forces in agriculture. *Int. J. Parasitol.* 2016. 46. P. 13–19.
443. Kerry B.R. The decline of *Heterodera avenae* populations. *EPPPO. Dull.* 1982. Vol. 12. P. 491-496.

444. Kessel W. C. Von Zwischenfrucht - Grünbache-umweltfreundliche Nematodenreduzierung. *Zuckerrübe*. 1989. Bd. 38, № 4. S. 228-231.
445. Kimpinski J., Anderson R. V., Johnston H. W., Martin R. A. // Nematodes and fundal diseases in barley and wheat on Prince Edward Island. *Crop Prot.* 1989. Vol. 8, № 6. P. 412-416.
446. Kong Q., Sun T., Qu N., Ma J., Li M., Cheng Y.T., Zhang Q., Wu D. Two redundant receptor-like cytoplasmic kinases function downstream of pattern recognition receptors to regulate activation of SA biosynthesis. *Plant Physiol.* 2016. Vol. 171. P. 1344–1354.
447. Kozłowska J. Z badań nad ubocznym wpływem na niczenie glebowe pestycydów stosowanych w agrocenozach. *Wiad. ekol.* 1987. Vol. 33, № 4. P. 367-377.
448. Krall James M., Koch David W., Gray Fred A., Nachtman Jerry J. Cultural management of trap crops for control of sugarbeet nematode. *J. Sugar Beet Res.* 2000. N 1, т. 37. P. 27-43.
449. Krnjaic D., Lamberti F., Krnjaic S., Bacic J., Calic R. First record of the potato cyst nematode (*Globodera rostochiensis*) in Yugoslavia. *Nematol. mediterr.* 2002. Vol. 30, № 1. P. 11-12.
450. Kuczynska J. Seed-potato production of cultivars resistant to *Globodera rostochiensis* in Poland : Pap. EPPO Conf. Potato Prot., Chernivtsy, July 7-10, 1998. *Bull. OEPP.* 1998. Vol. 28, № 4. P. 545-549.
451. Kudla U., Milac A. L., Qin L., Overmars H., Roze E., Holterman M.[et al]. Structural and functional characterization of a novel, host penetration-related pectate lyase from the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis*. *Mol. Plant Pathol.* 2007. Vol. 8. P. 293–305. doi: 10.1111/j.1364-3703.2007.00394.x
452. Kudla U., Qin, L., Mila, A., Kiela, A., Maissen, C. Overmars H. [et al]. Origin, distribution and 3D-modeling of Gr-EXPB1, an expansin from the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis*. *FEBS Lett.* 2005. Vol. 579. P. 2451–2457. doi: 10.1016/j.febslet.2005.03.047

453. Kyndt T. Redirection of auxin flow in *Arabidopsis thaliana* roots after infection by root-knot nematodes. *J. Exp. Bot.* 2016. Vol. 67. P. 4559–4570.
454. Les engrais verts pour la lutte contre le nematode de la betterave : Anon. *Betteravier*. 1987. Vol. 21, № 218. P. 29-31.
455. Lange S., Kleine M., Buck F., Grundler F.M.W. Isolation und Charakterisierung eines resistenzspezifischen Proteins aus einer Zuckerrubenlinie. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem*, 1996. N 321. S. 268.
456. Large-Scale Identification and Characterization of *Heterodera avenae* Putative Effectors Suppressing or Inducing Cell Death in *Nicotiana benthamiana* / Changlong Chen, Yongpan Chen, Heng Jian, Dan Yang, Yiran Dai et al. *Front Plant Sci.* 2017. Vol. 8. P. 20-62. Published online 2018 Jan 15. doi: 10.3389/fpls.2017.02062
457. Leyns Frederik, Borgonie Gaetan, Arnaut Greta, Waele Diik de Nematicidal activity of *Bacillus thuringiensis* isolates. *Fundam. And Appl. Nematol.* 1995. IS, № 3. P. 211-218.
458. Lichocka M., Grundler F., Golinowski W. A study of resistant response of *Raphanus sativus* cv. Siletina hairy roots obtained after transformation with *Agrobacterium rhizogenes* to infection with *Heterodera schachtii* / M. Lichocka, *Plant Prot. Sci.* Warsaw, 2002. T. 38. S. 241.
459. Lin B. I. A novel nematode effector suppresses plant immunity by activating host reactive oxygen species-scavenging system. *New Phytol.* 2016. Vol. 209. P. 1159–1173.
460. Lung Gerhard. Phytosiderophoren in Wurzelexsudaten von Getreide als-Kairomone für die Infektionsstadien von *Heterodera avenae*: Vortr. 49 Dtsch. Pflanzenschutztag., Heibelberg, 26-29 Sept. 1994. *Mitt Biol. Bundesanst. Land-und Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem*, 1994. № 301. C. 336.
461. Lozano-Torres J. L., Wilbers R. H. P., Warmerdam S., Finkers-Tomczak A. [et al]. Apoplastic venom allergen-like proteins of cyst nematodes

- modulate the activation of basal plant innate immunity by cell surface receptors. *PLoS Pathog.* 2014. Vol. 10, P. 1–18. doi: 10.1371/journal.ppat.1004569.
462. Mackenberg C., Sikora R. A. Wirkung des pflanzengesundheitsfördernden Rhizobakteriums *Agrobacterium radiobacter* Stamm G12 gegen den Kartoffelzystennematoden *Globodera pallida* bei unterschiedlicher Temperatur und Bodenfeuchte. *J. Phytopathol.* 1994. Vort. 142, № 3/4. S. 338-344.
 463. Madani M., Subbotin S. A., Moen M. Quantitative detection of the potato cyst nematode, *Globodera pallida*, and the beet cyst nematode *Heterodera schachtii*, using Real-Time PCR with SYBR green I dye. *Molecular and Cellular Probes.* 2005. Vol. 19. P. 81-86.
 464. Madani M., Subbotin S. A., De BOER, S.H. Molecular characterization of Canadian populations of potato cyst nematodes, *Globodera rostochiensis* and *G. pallida* using ribosomal nuclear RNA and cytochrome genes. *Canadian Journal of Plant Pathology.* 2010. Vol. 32. P. 142-153.
 465. Madani M., Ward L., De Boer S. H. Multiplex real-time polymerase chain reaction for identifying potato cyst nematodes, *Globodera pallida* and *Globodera rostochiensis*, and the tobacco cyst nematode, *Globodera tabacum*. *Canadian Journal of Plant Pathology.* 2008. Vol. 30, 554-564.
 466. Management Strategies: *Pochonia chlamydosporia* and IPM of Plant-Parasitic Nematodes in Temperate Crops / Matthew A. Back, Danuta Sosnowska, Ricardo Holgado. Perspectives in Sustainable Nematode Management Through *Pochonia chlamydosporia* Applications for Root and Rhizosphere. Health. 2017. P. 343-369.
 467. Mancau R. Plant parasitic nematodes *Microbiol. Control of Nematodes.* 1982. Vol. 3. P. 488-489.
 468. Mankau R., Ciancio A. Nematode antagonists in a southern California soil developing suppressiveness to *Heterodera schachtii*. 2nd Int. Nematol.

- Congr., Veldhoken, 11-17 Aug, 1990 : Program, and Abstr. Wageningen, 1990. P. 104.
469. Marshall J. M., Gallagher D.T.P., Spin K.M. The use of plastic bags as closed containers in screening for resistance to potato cyst-nematode. *Bull. OEPP*. 1986. Vol. 16, N 3. P. 441-444.
470. McPherson M. J., Harison D. I. Protease inhibitors and directed evolution: enhancing plant resistance to nematodes / *Biochem. Soc. Symp.* 2001. Vol. 68. P. 125-142.
471. Measher J. W., Brown R. H., Rovira A.D. The effect of cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) and *Rhicrotpnia solani* on the growth and yield of wheat. *Austral. J. Agr. Res.* 1978. Vol. 23, № 6. P. 1127-1137.
472. Mechanisms and Characterization of *Trichoderma longibrachiatum* T6 in Suppressing Nematodes (*Heterodera avenae*) in Wheat. *Front Plant Sci.* 2019. 10. P. 483. Published online 2019 Apr 17. doi: 10.3389/fpls.2019.00483 =
doi:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5605630/>
473. Mejias Joffrey, Truong Nhat My, Abad Pierre, Favery Bruno, Quentin Michaël. Plant Proteins and Processes Targeted by Parasitic Nematode Effectors. *Front Plant Sci.* 2019. 10. P. 970. Published online 2019 Jul 30. doi: 10.3389/fpls.2019.00970
474. Microbes Attaching to Endoparasitic Phytonematodes in Soil Trigger Plant Defense Upon Root Penetration by the Nematode / Olivera Topalović, Sandra Bredenbruch, A. Sylvia S. Schleker, Holger Heuer. *Front Plant Sci.* 2020. Vol. 11. P. 138. Published online 2020 Feb 25. doi: 10.3389/fpls.2020.00138
475. Minton N. A. Impact of conservation tillage on nematode populations. *J. Nematol.* 1986. Vol. 18, № 2. P. 135-140.
476. Miroshnik Tatjana G. The potato cyst nematode, *Globodera rostochiensis* in the Ukraine. *Russ. J. Nematol.* 1996. Vol. 4, № 1. P. 39-42.

477. Modulation of dendritic cell function and immune response by cysteine protease inhibitor from murine nematode parasite *Heligmosomoides polygyrus* / Sun Y., Liu G., Li Z., Chen Y., Liu Y., Liu B., Su Z. Immunology. 2012. Vol. 138. P. 370–381. doi: 10.1111/imm.12049.
478. Mol Plant Pathol. 2019 Apr. Vol. 20(4). P. 471–484. Published online 2019 Jan 9. doi: 10.1111/mpp.12768
479. Molecular Assessment of the Introduction and Spread of Potato Cyst Nematode, *Globodera rostochiensis*, in Victoria, Australia / Mark J. Blacket, Arati Agarwal, John Wainer, Maggie D. Triska, Michael Renton, Jacqueline Edwards. Phytopathology™. 2019. Vol. 109, No. 4.
480. Molinari S. Natural genetic and induced plant resistance, as a control strategy to plant-parasitic nematodes alternative to pesticides. Plant Cell Re. 2011. Vol. 30, N. 3. P. 311-323.
481. Mokabli A., Valette S., Rivoal R. Differentiation de quelques especes de nematodes a custes des cereales et des graminees par electrophorese sur gel dacetate de cellulose. Nematol. Mediterr. 2001. Vol. 29, № 1. P. 103-108.
482. Mugniery D., Balandras C. Examen des possibilites deradication du nematode a cystes, *Globodera pallida* Stone. Agronomic. 1984. Vol. 4, № 8. P. 773-778.
483. Muhammad A. Ali, Farrukh Azeem, Hongjie Li, Holger Bohlmann. Front Plant Sci. 2017. Vol. 8. P. 1699. Published online 2017 Oct 4. doi: 10.3389/fpls.2017.01699
484. Muhammad Amjad Ali, Mahpara Shahzadi, Adil Zahoor, Abdelfattah A. DababatInt Resistance to Cereal Cyst Nematodes in Wheat and Barley: An Emphasis on Classical and Modern Approaches. J Mol Sci. 2019 Jan; 20(2): 432. Published online 2019 Jan 19. doi: 10.3390/ijms20020432
485. Muller J. Aussichten des integrierten Pflanzenschutzes bei der Bekämpfung Pflanzenparasitärer Nematoden. Gesunde Pflanzen.- 1985. Bd. 37, № 5. S. 216-221.

486. Muller J. Möglichkeiten und Grenzen der biologischen Bekämpfung von Rubennematoden. *Agrozucker*. 1986. № 2. S. 20-22.
487. Muller J. Zur Wahl der geeigneten Methodik bei der Resistenzprüfung gegen *Heterodera schachtii*. *Z. Pflanzenkrankh. und Pflanzenschutz*. 1987. Bd. 94, № 2. S. 150-160.
488. Muller Joachim. Untersuchungen zur Resistenz von *Heterodera schachtii* gegen Aldicarb. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem*. 1996. N 317. S. 152-159.
489. Muller Joachim. New pathotypes of the beet cyst nematode (*Heterodera schachtii*) differentiated on alien genes for resistance in beet (*Beta vulgaris*). *Fundam. and Appl. Nematol.* 1998. N 5, T. 21. P. 519-526.
490. Muller J. Prüfung und Bewertung der Resistenz gegen *Heterodera schachtii* bei Zuckerruben. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem*, 1998. N 357. S. 417.
491. Muller Joachim, Rumpfenhorst Hans Jürgen. Die Prüfung von Pflanzen auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Schadorganismen in der Biologischen Bundesanstalt. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft. Berlin-Dahlem*, 2000. N 372. S. 1-38.
492. Nakhla M. *General nematode PCR (ITS1 & ITS2) amplification for identification of Globodera spp.* Work Instruction, USDA, APHIS, PPQ, CPHST, Document Control Number WI-B-T-1-15. 2008b.
493. Namouchi-Kachouri N., Bchir M. M. Identification morphométrique et moléculaire de quelques populations tunisiennes d'*Heterodera avenae* associées aux céréales. *Nematologia Mediterranea*. 2005. Vol. 3. P. 3-9.
494. Nicol J., Turner D., Coyne L, den Nijs L. Current nematode threats to world agriculture. Jones J., Gheysen G., Fenoll C., editors. *Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions*. Berlin: Springer Science Business Media, 2011. P. 21-43. DOI 10.1007/978-94-007-0434-3_2

495. Niu D., Lii Y. E., Chellappan P., Lei L., Peralta K. miRNA863-3p sequentially targets negative immune regulator ARLPKs and positive regulator SERRATE upon bacterial infection. *Nat Commun.* 2016. Vol. 7. P. 113-124.
496. Niu J. Msp40 effector of root-knot nematode manipulates plant immunity to facilitate parasitism. *Sci. Rep.* 2016. Vol. 6, P. 19443, <https://doi.org/10.1038/srep19443> (2016).
497. Nowaczyk K., Dobosz R., Kornobis S., Obrepalska-Stepłowska A. TaqMan REAL-Time PCR-based approach for differentiation between *Globodera rostochiensis* (golden nematode) and *Globodera artemisiae* species. *Parasitology Research.* 2008 b. Vol. 103. P. 577-581.
498. Nuaima Rasha Haj, Roeb Johannes, Hallmann Johannes, Daub Matthias. Effector gene vap1 based DGGE fingerprinting to assess variation within and among *Heterodera schachtii* populations. *J Nematol.* 2018. Dec. 50(4). P. 517–528. Published online 2018 Dec 3. doi: 10.21307/jofnem-2018-055
499. Olthof Th. H. A. Influence of population densities of *Heterodera schachtii* on sugar beet grown in Microplots. *J. Nematol.* 1978. Vol. 10, № 3. P. 255-258.
500. Oostenbrink M. Nematodes in relation to plant growth. II. The influence of the crop on the nematode population. *Nether. J. Agric. Sci.* 1961. Vol. 9, № 1. P. 55-60.
501. Optimizing Trehalose-Based Quantification of Live Eggs in Potato Cyst Nematodes (*Globodera rostochiensis* and *G. pallida*) / N. Ebrahimi, N. Viaene, M. Moens. *Plant Disease.* 2015. Vol. 99, No. 7.
502. Origin and genetic diversity of western European populations of the potato cyst nematode *Globodera pallida* inferred from mitochondrial sequences and microsatellite loci / Plantard O., Picard D., Valette S., Scurran M., Grenier E, Mugniery D. *Molecular Ecology.* 2008. Vol. 1. P. 2208-2218.

503. Pakrot D. M. Miller L.I. NC-95 flue-cured tobacco as a host of *Globodera pallida*. Virginia Journal of Science. 1977. Vol. 28. P. 54.
504. Palkovics A. Occurrence of *Globodera pallida* in Hungary. *Bull. OEPP*. 2003. Vol. 33, № 2. P. 375-377.
505. Palomares-Rius J., Hirooka Y., Tsa I., Masuya H. et al. Distribution and evolution of glycoside hydrolase family 45 cellulases in nematodes and fungi. *BMC Evolutionary Biology*. 2014. Vol. 14. P. 69. DOI: 10.1186/1471-2148-14-69
506. Parijat S. Juvele, Thomas J. Baum. “Cyst-ained” research into Heterodera parasitism. *PLoS Pathog*. 2018. Feb. 14(2). e1006791. Published online 2018 Feb 1. doi: 10.1371/journal.ppat.1006791
507. Patel A. V., Isemer C., Muller J., Vorlop K. D. Bekämpfung von phytopathogenen Nematoden mit verkapselten nematophagen Pilzen. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirt. Berlin-Dahlem*, 1996. N 321. S. 436.
508. Pavelska K. Dotychczasowe wyniki i perspektywy hodowli buraka cukrowego odpornego na matvika burakowego. *Zesz. probl. post, nauk rol.* 1989. № 358. C. 17-24.
509. Payan L. A., Johnson A.W., Littrell R.U. Effects of nematicides and herbicides alone or combined on *Meloidogine incognita* egg hatch and development. *Ann. appl. Nematol.* S. L. 1987. № 1. P. 67-70.
510. Pees B., Yang W., Zárata-Potes A., Schulenburg H., Dierking K. High innate immune specificity through diversified C-type lectin-like domain proteins in invertebrates. *J. Innate. Immun.* 2016. Vol. 8. P. 129–142.
511. Perry Roland N., Beane Jack. Effects of activated charcoal on hatching and infectivity of *Globodeta rostochiensis* in pot tests. *Bev. Nematol.* 1988. Vol. 11, N 2. P. 229-233.
512. Perry R. N., Moens M. M. (eds). *Plant Nematology*. Cabi. London U.K., 2006. 440 p.

513. Perry R. N., Moens M. M., Jones J. T. (eds). Cyst nematodes. BOOK REVIEW. Wallingford, UK, CAB International, 2018. 464 p.
514. Person P. Blacked and stem rot of potatoes in Sweden. *Acta Agr. Scand.* 1988. Vol. 38. P. 177-182.
515. Peterka H., Budahn H., Schrader O., Ahne R., Schutze W. Transfer of resistance against the beet cyst nematode from radish (*Raphanus sativus*) to rape (*Brassica napus*) by monosomic chromosome addition., *Theor. and Appl. Genet.* 2004. N 1, T. 109. S. 30-41.
516. Pelix Andelka. Plant-parasitic nematodes in the rhizosphere of rape. *Entomol. Croat.* 1995. № 1. C. 35-39.
517. Plant Immune Responses to Parasitic Nematodes / Kazuki Sato, Yasuhiro Kadota, Ken Shirasu. *Front Plant Sci.* 2019. Vol.10. P. 1165. Published online 2019 Sep 26. doi: 10.3389/fpls.2019.01165
518. Plant-parasitic nematodes of potential phytosanitary importance, their main hosts and reported yield losses. *EPPO Bulletin.* 2013. Vol. 43, No. 2.
519. Plant protection and bioregulation in modern agriculture/ Iutynska G.O., Biliavska L.O., Babych O.A., Tsygankova V.A., Babych A.G. ed. "Diamond trading". – Warszawa, Poland, 2019. 111 p.
520. Pogorelko G. V., Juvalé P. S., Rutter W. B., Hütten M. Re-targeting of a plant defense protease by a cyst nematode effector. *Plant Journal.* 2019. Vol. 98.
521. Poinar G. O. The evolutionary history of nematodes. Hunt D. J., Perry R. N. (eds). *Nematology Monographs and Perspectives.* 2011. Vol. 9, № 9. Brill, Leiden. 429 p.
522. Potato cyst nematodes in England and Wales – occurrence and distribution / S. T. Minnis, P. P. J. Haydock, S. K. Ibrahim. *Annals of Applied.* 2002 – <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2002.tb00172.x>
523. Potenza C., Thomas S.N., Sengupta-Gopalan Characterization of host genes in the early stages of alfalfa – *Meloidogyne incognita* interaction /

- Abstr. of the 24 th Intern. Nematol. Symp. of the European Society of Nematologists. Dandee, 1988. P. 93.
524. Prioritising plant-parasitic nematode species biosecurity risks using self organising maps. *Biological Invasions*. 2013. Vol. 16, № 7.
 525. Pylypenko L. A., Sigar'eva D. D. Development of *Globodera rostochiensis* pathotype Ro1 in resistant and susceptible cultivars of potato: Pap. EPPO Conf. Potato Prot., Chernivtsy, July 7-10, 1998. *Bull. OEPP*. 1998. Vol. 28, № 4. P. 525-528.
 526. Pylypenko L.A. Resistance and tolerance to potato cyst nematodes among Ukrainian potato cultivars and breeding materials : 6 Conference of European Foundation for Plant Pathology, Prague, 8-14 Sept., 2002. *Plant Prot. Sci.* 2002. Vol. 38, Spec. Issue 1, pt. 1. P. 189-199.
 527. Pylypenko L. A., Philips M. S., Blok V. C. Characterisation of two Ukrainian populations of *Globodera pallida* in terms of their virulence and mtDNA, and the biological assessment of a new resistant cultivar Vales Everest. *Nematology*. 2008. Vol. 10. P. 585-590.
 528. Qin L., Kudla U., Roze E. H. A., Goverse A., Popeijus H., Nieuwland J. (et al). Plant degradation: a nematode expansin acting on plants. *Natur.* 2004. Vol. 427. P. 30–30. doi: 10.1038/427030a
 529. Quantitative detection of the potato cyst nematode, *Globodera pallida*, and the beet cyst nematode, *Heterodera schachtii*, using real-time PCR with SYBR green I dye / M. Madani, S.A .Subbotin, M. Moens. *Molecular and Cellular Probes*. 2005. April. 2005. Vol. 19, Issue 2. P. 81-86.–
<https://doi.org/10.1016/j.mcp.2004.09.006>
 530. Quentin M., Abad P., Favery B. Plant parasitic nematode effectors target host defense and nuclear functions to establish feeding cells. *Front. Plant Sci.* 2013. 4. P. 53. doi: 10.3389/fpls.2013.00053
 531. Rehman S., Gupta V. K., Goyal A. K. Identification and functional analysis of secreted effectors from phytoparasitic nematodes. *BMC Microbiol.* 2016. 16. P. 58. doi: 10.1186/s12866-016-0632-8

532. Reid A., Pickup J. Molecular characterization of a morphologically unusual potato cyst nematode. *EPPO Bulletin*. 2005. Vol. 35. P. 69-70.
533. Ritzema Bos. Untersuchungen uber *Tylenchus devastatrix* Kuhn. *Biol. Centralbl.* 1988. Vol. 18, N 7. P. 232-271, 649-659.
534. Robinson Michael P., Howard J. Atkinson, Roland N. Perry. The influence of temperature on the hatching, activity and lipid utilization of second stage juvenile of the potato cyst-nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Rev. Nematol.* 1987. Vol. 10, N 3. P. 349-354.
535. Rivoal R. Importance des nematodes et perspectives de protection. *Meded. Fac. Landbouw. Rijksuniv Gent*. 1987. № 2 A. P. 125-137.
536. RNAi-mediated Resistance against Plant Parasitic Nematodes of Wheat Plants Obtained *in vitro* Using Bioregulators of Microbiological Origin / Tsygankova V. A., Andrushevich Ya. V., Shysha E. N., Biliavska L. O., Galagan T. O., Galkin A. P., Yemets A. I., Iutynska G. A., Blume Ya. B. // *Current Chemical Biology*. 2018, Vol. 12, No. 1. P. 1-17 (Scopus IF 0,11).
537. Rodriguez-Kabana R. Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. *J. Nematol.* 1986. Vol. 18, № 2. P. 129-135.
538. Rodriguez-Kabana R., Morgan-Jones G., Chet I. Biological control of nematodes: soil amendments and microbial antagonists. *Plant Soil*. - 1987. – Vol. 100, № 3. – P. 237-247.
539. Saxena Geeta. Biological Control of Root-Knot and Cyst Nematodes Using Nematophagous Fungi. *Root Biology*. 2018. P. 221-237.
540. Scholte K. Screening of non-tuber bearing Solanaceae for resistance to and induction of juvenile hatch of potato cysts nematodes and their potential for trap cropping. *Ann. Appl. Biol.* 2000. Vol. 136, № 3. C. 239-246.
541. Screening for resistance to potato cyst nematode in Australian potato cultivars and alternative solanaceous hosts. *Australasian Plant Pathology*. 2011. Vol. 41, No. 5.
542. Schlang J. Untersuchungen zur Eignung des Buchweizens (*Fagopyrum esculentum*) als resistent Zwischenfrucht zur biologischen Bekämpfung

- von *Heterodera schachtii*. *Mitt. Bioc. Bundesanst. Land- und Forstwirt. Berlin-Dahlem*, 1990. № 266. S. 447.
543. Schlang J. Neue Strategien zur biologischen Bekämpfung von *Heterodera schachtii*. *60-e Congr., Cambridge*, 1-3 Juill., 1997. Cambridge, 1997. S. 229-242.
544. Schlang J. Mehrjährige Untersuchungen an nematodenresistenten Zuckerruben-Hybriden. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirt. Berlin-Dahlem*, 1998. N 357. S. 73-74.
545. Schlang J. Flächenstillegung mit resistenten Ölrettichsorten als neue Strategie zur biologischen Bekämpfung von *Heterodera schachtii*. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirt. Berlin-Dahlem*, 1996. N 321. S. 374.
546. Schlang J. Zur Populationsentwicklung von *Heterodera schachtii* unter dem Einfluss von *Phacelia tanacetifolia*. *Meded Fac. Landbouww Rijksuniv. Gent*. 1985. Bd. 50, № 3 a. S. 777-784.
547. Scholte K. Growth and development of plants with potential for use as trap crops for potato cyst nematodes and their effects on the numbers of juveniles in cysts. *Ann. Appl. Biol.* 2000. Vol. 137, № 1. P. 31-42.
548. Scholte K. Screening of non-tuber bearing Solanaceae for resistance to and induction of juvenile hatch of potato cyst nematodes and their potential for trap cropping. *Ann. Appl. Biol.* 2000. Vol. 136, № 3. C. 239-246.
549. Scurrah M. de., J. Franco // Breeding for resistance of *G. pallida* at CIP. *Bull. OEPP*. 1985. Vol. 15, № 2. P. 167-173.
550. Seham H. M. Hendawy. Immunity to gastrointestinal nematodes in ruminants: effector cell mechanisms and cytokines. *J Parasit Dis.* 2018 Dec. 42(4). P. 471–482. Published online 2018 Aug 9. doi: 10.1007/s12639-018-1023-x.
551. Siddique S., Endres S., Atkins J. M., Szakasits D., Wieczorek K., Hofmann J. [et al]. Myo-inositol oxygenase genes are involved in the development of syncytia induced by *Heterodera schachtii* in *Arabidopsis* roots. *New*

- Phytol. 2009. Vol. 184. P. 457–472. doi: 10.1111/j.1469-8137.2009.02981.x
552. Siddique S., Endres S., Sobczak M., Radakovic Z. S., Fragner L., Grundler F. M. [et al]. Myo-inositol oxygenase is important for the removal of excess myo-inositol from syncytia induced by *Heterodera schachtii* in Arabidopsis roots. New Phytol. 2014/ Vol. 201. P. 476–485. doi: 10.1111/nph.12535
 553. Sicra S., Urek G., Meglic V. Molecular and biochemical methods used for the identification of *Globodera species* in Slovenia. *Plant Prot. Sci.* 2003. Vol. 39, № 4. C. 151-153.
 554. Sigar'eva D. D., Pilipenko L. A. Control methods for potato nematodes in Ukraine: Pap. EPPO Conf. Potato Prot, Chernivtsy, July 7-10, 1998. *Bull. OEPP.* 1998. Vol. 28, № 4. P. 529-532.
 555. Sigar'eva D. D., Pilipenko L. A. Methods of control of potato nematodes in Ukraine., *Information Bulletin EPRSIOBC.* M., 1999. N 34. P. 78-85.
 556. Signal Transduction in Plant–Nematode Interactions / Muhammad Amjad Ali, Muhammad Shahzad Anjam, Muhammad Amjad Nawaz, Hon-Ming Lam, Gyuhwa Chung. *Int J Mol Sci.* 2018. Jun. 19(6). P. 16-48. Published online 2018 Jun 2. doi: 10.3390/ijms19061648
 557. Sindhu A. S., Maier T. R., Mitchum M. G. Effective and specific in planta RNAi in cyst nematodes: expression interference of four parasitism genes reduces parasitic success. *Journal of Experimental Botany.* January 2009. Vol. 60, Issue 1. P. 315-324, <https://doi.org/10.1093/jxb/ern289>
 558. Sobczak M., Golinowski W. Cyst nematodes and syncytia. *Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions.* 2011. P. 61-82 https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-0434-3_4
 559. Sosnowska Danuta, Banaszak Heliodor. Występowanie pasożytniczych grzybow w populacji matwika burakowego (*Heterodera schachtii* Schmidt) w rejonie Torunia. *Post. ochr. rosl.* 1998. N 2, т. 38. P. 457-460.

560. Sosnowska Danuta, Banaszak Heliodor. The effect of organic fertilizers on fungi parasitization of beet cyst nematode (*Heterodera schachtii* Schmidt) eggs in sugar beet cultivated in a three years rotation. *J. Plant Prot. Res.* 2000. N 1, T. 40. P. 73-79.
561. Sperandio C. A., Monteiro A. R. Novas registers de nematodes la supernova familiar Tylenchoidea no Reo. Grande do Sul, Brasil. *Res. Trab. 17 Congr. Bras Nematol., Jaboticabal*, 8-12 fev. 1993. *Nematol. bras.* 1993. Vol. 17, Nº 1. P. 27-28.
562. Spaul A. M. Managing potato cyst- nematode to minimize nematicide use. *Bull. OBPP*. 1992. 21, N 1. P. 35-39.
563. Spaul A. M., Trudgill D. L. Management of potato cyst- nematodes with new potato cultivars grown with and without nematicide . *Nematologica*. 1988. Vol. 34, N 3. P. 295.
564. Spiers J. Q.C. Host resistance to the potato cyst-nematode. *Proc. N. Z. Weed and Pest Contr. Conf.* 1977. Vol. 30. P. 56-60.
565. Stanton J. M., Sartori M. Hatching and reproduction of the potato cyst nematode, *G. rostochiensis*, from potato fields in Western Australia as influenced by soil temperature. *Nematologica*. 1990. Vol. 36, Nº 4. P. 457-464.
566. Steele A. E., Whitehand L. Comparative morphometrics of eggs and second - stage juveniles of *Heterodera schachtii* and a race of *H. trifolii* parasitic on sugar beet in the Netherlands. *J. Nematol.* 1984. Vol. 16, Nº 2. P. 171-177.
567. Stoyanov D., Assenova N. Possibilities for control of *G. rostochiensis* with oxamyl. 2-nd *Int. Nematol. Congr.*, 1990, Wageningen. Wageningen, 1990. P. 143.
568. Sturhan D. (2000). Wirts-Spezifität bei Zystennematoden und anderen Heteroderiden. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Landund Forstwirtschaft*. 2000. Vol. 376. P. 299.

569. Sturhan D. Zystenbildende Nematoden und verwandte Heteroderiden in Deutschland. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*. 2006. Vol. 4. P. 18-30.
570. Subbotin S. A., Manuel Mundo-Ocampo, Baldwin James G. *Systematics of cyst nematodes. Nematology Monographs & Perspectives*. 2010. Vol. 8A, Koninklijke Brill NV, Leiden, 2010. 351 p.
571. Subbotin S. A., Mundo-Ocampo M., Baldwin J. G. *Systematics of cyst nematodes (Nematoda: Heteroderinae)*. Koninklijke Brill WV, Leiden. 2010b. Vol. 8B. P. 512.
572. Subbotin S. A., Rumpenhorst Hans Jürgen, Sturhan Dieret. Morphological and electrophoretic studies on population of the *Heterodera avenae* complex from the former USSR. *Russ. J. Nematol.* 1996. Vol. 4, № 1. C. 29-38.
573. Subbotin S. A., Sturhan D., Rumpenhorst H. J., Moens M. Molecular and morphological characterisation of the *Heterodera avenae* complex species (Tylenchida: Heteroderidae). *Nematology*. 2003. Vol. 5. P. 515-538.
574. Subbotin S. A., Mundo-Ocampo J. Systematics of Cyst Nematodes (Nematoda: Heteroderinae), Part B. 2010. 512 c.
575. Tacconi R. Effetto di awicendainenti culturali su *Heterodera schachtii* / R. Tacconi, R. Olimpieri // Inf. fitopatol. - 1985. – Vol. 35, № 3. - P. 39-45.
576. Tacconi R. Il punto sul nematode a cisti (*Heterodera schachtii*) della barbabiatola da Zucrezzo. *Inf. fitopatol.* 1988. Vol. 38, № 7/8. S. 31-38.
577. Tanha Maafi Z., Sturhan D., Kheiri A., Geraert E. (2007a). Species of the *Heterodera avenae* group Nematoda: Heteroderidae) from Iran. *Russian Journal of Nematology*. 2007a. Vol. 15. P. 49-58.
578. The effector GpRbp-1 of *Globodera pallida* targets a nuclear HECT E3 ubiquitin ligase to modulate gene expression in the host / Amalia Diaz-Granados, Mark G. Sterken, Hein Overmars, Roel Ariaans, Martijn Holterman, et al. *Mol Plant Pathol.* 2020 Jan. Vol. 21(1). P. 66–82. Published online 2019. Nov 22. doi: 10.1111/mpp.12880

579. The genome of the soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) reveals complex patterns of duplications involved in the evolution of parasitism genes / Rick Masonbrink, Tom R. Maier, Usha Muppirala, Arun S. Seetharam, Etienne Lord. BMC Genomics. 2019. 20. P. 119. Published online 2019 Feb 7. doi: 10.1186/s12864-019-5485-8
580. Tiilikkala K. Influence of sugarbeet and nonhost plant on a field population of *Heterodera schachtii*. *Ann. agr. fenn.* 1985. № 2. P. 63-69.
581. Tiilikkala Kari. Life cycle of the potato cyst nematode in Finland. *Ann. agr. fenn.* 1989. Vol. 26, N 3. P. 171-179.
582. Tiilikkala K. Effect of crop rotation on *Globodera rostochiensis* and on potato yield. *Bull. OEPP*. 1991. Vol. 21, № 1. P. 41-47.
583. Tigner Herbert. Fadenwurmer Leitfaden für die bekämpfung. *Agrozucker*. 2000. № 2. S. 22-24.
584. Topalović Olivera, Bredenbruch Sandra, Schleker A. Sylvia S. Microbes Attaching to Endoparasitic Phytonematodes in Soil Trigger Plant Defense Upon Root Penetration by the Nematode. *Plant Sci*. 2020. 11. C. 138. Published online 2020 Feb 25. doi: 10.3389/fpls.2020.00138
585. Trifonova Zlatka T. Host ranges of golden potato nematode (*Globodera rostochiensis* Woll, 1923). *Acta zool. Bulg.* 1999. Vol. 51. C. 123-126.
586. Trudgill D. Yield losses caused by potato cyst-nematodes : a review of the current position in Britain and prospects for improvements. *Ann. Appl. Biol.* 1986. Vol. 108, N 1. P. 181-198.
587. Trudgill D. Potato cyst nematodes - a perspective of past, present and future trends in research. *Scott. Crop Res. Inst.* 1990. P. 145-199.
588. Turner S. J., Subbotin S. A. Cyst nematodes. *Plant nematology*. 2013. No. 2. P. 109-143.
589. Tytgat T., De Meutter J., Vanholme B., Claeys M. et al. Development and pharyngeal gland activities of *Heterodera schachtii* infecting *Arabidopsis thaliana* roots. *Nematology*. 2002. Vol. 4. P. 899–908. doi: 10.1163/156854102321122511

590. Van Haren R. J. F., Hendrikx E. M. L. Feeding, growth and reproduction of potato cyst nematodes : Abstr. 22nd Int. Symp. Bur. Soc. Nematol., Ghent, 7-12 Aug., 1994. *Nematologica*. 1995. Vol. 41, № 3. C. 351.
591. Van Gundy S. Effects of nematodes on plant nutrition and fertilizer use efficiency. *Ann. California. Fertilizer Conf. Proceedings.*- 1980. № 28. P. 36-43.
592. Van Gundy S. Fertilization practices can affect nematodes. *Western grower and shippe* 1980. Vol. 51, № 8. P. 20-23.
593. Vanholme Bartel, De Meutter Jan, Tytgat Tom, Gheysen Greetje D. C., Vanhoutte Isabelle, Gheysen Godelive D. R. An improved method for whole-mount in situ hybridization of *Heterodera schachtii* juveniles. *Parasitol. Res.* 2002. N 8, т. 88. P. 731-733.
594. Vanholme B., Van Thuyne W., Vanhouteghem K., De Meutter J. Molecular characterization and functional importance of pectate lyase secreted by the cyst nematode *Heterodera schachtii*. *Mol. Plant Pathol.* 2007. Vol. 8. P. 267–278. doi: 10.1111/j.1364-3703.2007.00392.x
595. Villarias Moradillo Jose Luis. Nematodo de la de quiste remolacha azucarera: Su control biologico por medio de las plantas nematicidas. *Agricultura*. 1997. N 784, т. 66. P. 884-888.
596. Vinduska L. Ovlivneni populace hadatka repneho *Heterodera schachtii* Schmidt neterimi druhy roslin. *Sb. UVTIS. Ochr. rostl.* 1978. Vol. 14, № 2. P. 133-136.
597. Wauters A., Keleman J. Economic and agronomic interest of nemat. *Parasitica*. 1998. N 2/3, т. 54. P. 63-75.
598. Weischer B. Entwicklungstendenzen bei der Abwehr von Nematodenschaden - Biologischen Bundesanstalt fur Land- und Forstwirtschaft. / *Mitteilungen*. 1985 № 226. S. 13-30.
599. Weischer B. Uber die Beziehungen zwischen Befallszahl und Schaden bei pflanzenparasitaren Nematoden. *Mittl. BBA Land-u Forstw. H* 1964. Bd. III. S. 68-73.

600. Whitehead Alan G. Chemikal and integrated control of cust nematodes. *Cust Nematodes. Proc. NATO Adv. A.; Study Inst. Martina France, Sept. 21-Oct. 3, 1985. New Vork, London, 1986. P. 413-431.*
601. Whitehead A. G. Decline of potato cyst nematodes, *G. rostochiensis* and *G. pallida*, in spring barley microplots. *Plant Pathol.* 1995. Vol. 44, № 1. P. 191-195.
602. Whitehead A. G. Loss of yield and quality in potatoes due to potato cyst-nematodes. *10 th Int. Congr. Plant. Prot. : Proc. Conf. Brighton, 20-25 Nov., 1983. Brighton, 1983. Vol. 1. P. 113.*
603. Whitehead A. G., Fraser J. E., Peters G., Nichols A. O. P. Observations on the control of potato cyst-nematodes *G. rostochiensis* and *G. pallida* in 35 English potato soils in pots by oxamyl and resistant varieties. *Ann. Appl. Biol.* 1987. Vol. 111, H 3. P. 597-605.
604. Whitehead A. G., Tite D. J., Eraser J. E., Nichols A. J. F. Effects of potato genotype, oxamyl and the numbers of potato cyst-nematodes *G. rostochiensis* and *G. pallida* on tuber yields and nematode increase. *Ann. Appl. Biol.* 1987. Vol. 11, N 1. P. 161-172.
605. Whitehead A. G., Webb R.M., Beane J. Effects of rotation length and oxamyl on potato yield and the potato cyst-nematode *Globodera rostochiensis* in a sandy loam soil. *Ann. Appl. Biol.* 1991. Vol. 118, N 2. P. 371-380.
606. Will J. E. La anguila dorada, *Heterodera rostochiensis*, una plaga del cultivo de Las papas, recién descubierta en el Perú. *Agric. Bull.* 1992. № 48. P. 17.
607. Williams T. D., Beane J. Temperature and root exudates on the cereal cyst nematode *Heterodera avenae* *Nematologica.* 1979. Vol. 25, № 4. P. 497-505.
608. Williamson V.M., Kumar A. Nematode resistance in plants: The battle underground. *Trends Genet.* 2006. 22. P. 396–403. doi: 10.1016/j.tig.2006.05.003.

609. Wodowitsch G. Gefahrbet Rapsanbau unsere Rubenboden. / *Agrozucher*. 1986. № 1. S. 8-9.
610. Wolny Stefan, Banaszak Heliodor, Heimann Stefan. Oddzialywanie odmian gorzycy biallej, rzodkwi oleistej i facelii bialej na populacje matwika burakowego. *Mater. 35 Ses. nauk. Inst. ochr. rosl.*, Poznan, 1995. Poznan, 1995. P. 376-378.
611. Wu L. Characterization of resistance to the cereal cyst nematode in the soft white winter wheat 'Madsen'. *Plant Dis*. 2016. Vol. 10. P. 679–685.
612. Wubben Martin J. E., Rodermel Steven R., Baum Thomas J. Mutation of a UDP-glucose-4-epimerase alters nematode susceptibility and ethylene responses in Arabidopsis roots. *Plant J*. 2004. N 5, T. 40. P. 712-724.
613. Wyss U. Recognition and specificity in nematode diseases. *Phytopatology*. 1983. Vol. 73, № 5. P. 769.
614. Yang D., Chen C., Liu Q., Jian H. Comparative analysis of pre- and post-parasitic transcriptomes and mining pioneer effectors of *Heterodera avenae*. *Cell Biosci*. 2017. Vol. 7. P. 11, <https://doi.org/10.1186/s13578-017-0138-6>
615. Yang Shanshan, Dai Yiran, Chen Yongpan, Yang Jun, Yang Dan. A Novel G16B09-Like Effector From *Heterodera avenae* Suppresses Plant Defenses and Promotes Parasitism. *Front Plant Sci*. 2019. 10. P. 66. Published online 2019 Feb 8. doi: 10.3389/fpls.2019.00066
616. Yang Shanshan, Pan Lingling, Chen Yongpan, Yang Dan, Liu Qian, Jian Heng. *Heterodera avenae* GLAND5 Effector Interacts With Pyruvate Dehydrogenase Subunit of Plant to Promote Nematode Parasitism. *Front Microbiol*. 2019. 10. P. 1241. Published online 2019 Jun 4. doi: 10.3389/fmicb.2019.01241
617. Yuena Gary Y., Kyle C. Charlene C., Jochuma Brodericka, Chenb Carl J., Caswell-Chenb Edward P. Control of cyst nematodes by *Lysobacter enzymogenes* strain C3 and the role of the antibiotic HSAF in the

biological control activity. *Biological Control*. 2018. February. Vol. 117. P.158-163.

618. Zavanella Massimo, Carlo Tramelli P. A. Rafano nematocida in bieticoltura: Prospettive di diffusione su terreni a set-aside e in semina autunnale. *Ind. saccarif. ital.* 1995. N 4, T. 88. P. 152-158.
619. Zawislak Kazimiera, Rzeszutek Irena. Redukcja populacji *Globodera rostochiensis* Woll. w glebie przez uprawę ziemniaka odmiany Lawina. *Acta Acad. Agr. actech. olsten. Agr.* 1998. № 66. P. 227-237.
620. Zhao J., Liu D., Wang Y., Zhu X. Biocontrol potential of *Microbacterium maritropicum* Sneh159 against *Heterodera glycine*. *Pest Management Science*. 2019. Vol. 75.
621. Zheng J., Zhang Y., LI X., Zhao L., Chen S. First report of the soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*, on soybean in Zhejiang, Eastern China. *Plant Disease*. 2009. Vol. 93. P. 319-321.

ДОДАТКИ

Додаток А

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії

1. Бабич А. Г. Цистоутворюючі нематоди культурних фітоценозів України. К., 2012. 512. с.
2. Бабич О. А., **Бабич А. Г.** Фітонематоди хмелю та контроль їх чисельності. К., 2014. 723 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, підготовку розділів роботи, формулювання висновків).*
3. Сухарева Р. Д., **Бабич А. Г.**, Бабич О. А. Глободероз картоплі. – К., 2015. 513 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, підготовку розділів роботи, формулювання висновків).*
4. **Бабич А. Г.**, Саблук В. Т. Моніторинг та заходи захисту від бурякової нематоди. К., 2015. 508 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, підготовку розділів роботи, формулювання висновків).*
5. **Бабич А. Г.**, Бабич А. А. Цистообразующие нематоды Украины. К., 2016. 637 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, підготовку розділів роботи, формулювання висновків).*
6. Саблук В. Т., **Бабич А. Г.**, Шендрик К. М., Запольська Н. М., Бабич О. А. Шкідливі організми буряків цукрових: історія, сучасний стан вивчення, та заходи захисту. К., 2017. 893 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, підготовку розділів роботи, формулювання висновків).*
7. **Бабич А. Г.**, Шестеперов О. О., Бабич О. А. Мелойдогінози і гетеродерози сільськогосподарських культур. К., 2019. 690 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, підготовка розділів роботи, формулювання висновків).*
8. Iutynska G. O., Biliavska L. O., Babych O. A., Tsygankova V. A., **Babych A. G.** Plant protection and bioregulation in modern agriculture, ed.

"Diamond trading". Warszawa, Poland, 2019. 111 p. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, підготовку та узагальнення матеріалів).*

Підручники, навчальні посібники

9. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А. Нематоди: навч. посібник. К., 2018. 436 с. *(Здобувачем проведено узагальнення літературних джерел, підготовку матеріалів, написання окремих розділів).*

10. Бабич О. А., **Бабич А. Г.**, Білявська Л. О. Кліщі та нематоди. Ч. 2. Нематоди: підручник. К., 2020. 844 с. *(Здобувачем проведено узагальнення літературних джерел, підготовку матеріалів, написання окремих розділів).*

Статті у наукових фахових виданнях України

11. Бабич А. Г. Шкодочинність бурякової нематоди на цукрових буряках. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2001. Вип. 37. С 79–81.

12. Бабич А. Г. Морфобіологічні особливості бурякової нематоди цукрових буряків. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2002. Вип. 53. С. 102–105.

13. Бабич А. Г. Вплив способів основного обробітку ґрунту на вертикальний розподіл в орному шарі цистоутворюючих нематод. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2003. Вип. 63. С. 90–93.

14. Бабич А. Г. Пристрій для аналізу бульбокоренеплодів на заселеність їх цистоутворюючими нематодами. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2003. Вип. 64. С. 51–54.

15. Бабич А. Г. Ефективність пригнічення злакових бур'янів-господарів вівсяної нематоди при вирощуванні олійних капустяних культур. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2004. Вип. 72. С. 115–118.

16. Мельник П. О., Коржук Р. Д., **Бабич А. Г.** Екологізація захисту картоплі від карантинного організму – золотистої цистоутворюючої нематоди *Globodera rostochiensis* Woll. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2005. Вип. 86. С. 117–122. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку та узагальнення отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).*

17. Бабич А. Г. Візуальний метод оцінки ступеня ураження сільськогосподарських культур і основні джерела поширення цистоутворюючих нематод. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2005. Вип. 91. С. 136–142.

18. Коржук Р. Д., Мельник П. О., **Бабич А. Г.** За допомогою агротехніки. Прийоми обмеження та шкідливості глободерозу в гірсько-карпатській зоні Західного Лісостепу. Карантин і захист рослин. 2006. № 5. С. 4–6. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*

19. Бабич А. Г. Вдосконалення бальної оцінки ураженості основних сільськогосподарських культур цистоутворюючими нематодами. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2006. Вип. 102. С. 138–143.

20. Бабич А. Г. Вдосконалення методів виявлення цистоутворюючих нематод у ґрунті. Збірник наукових праць Уманського державного аграрного університету. 2006. № 63. С. 280–285.

21. Бабич О. А., **Бабич А. Г.** Причини накопичення та особливості поширення цистоутворюючих нематод у сучасних агроценозах. Вісник Сумського національного аграрного університету. 2006. № 11–12 (12–13). С. 186–193. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*

22. Бабич А. Г. Гетеродероз цукрових буряків та заходи його регуляції. Наукові праці південного філіалу «Кримський

агротехнологічний університет» Національного аграрного університету. 2007. Вип. 104. С. 61–67.

23. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А., Матвієнко О. П. Способи виявлення цистоутворюючих нематод та заходи контролю чисельності бурякової нематоди. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2007. Вип. 109. С. 150–154. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку та узагальнення отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).*

24. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А. Визначення видового складу цистоутворюючих нематод поширених в Україні. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2007. Вип. 116. С. 233–240. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, формулювання висновків).*

25. Коржук Р. Д., **Бабич А. Г.** Моніторинг та заходи захисту від золотистої картопляної цистоутворюючої нематоди. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2008. Вип. 118. С. 72–79. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку та узагальнення отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).*

26. **Бабич А. Г.** Біолого-екологічні особливості розвитку основних видів цистоутворюючих нематод. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2008. Вип. 123. С. 129–136. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку та узагальнення отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).*

27. **Бабич А. Г.**, Коржук Р. Д. Екологічно безпечні заходи зниження зараженості ґрунту від золотистої картопляної нематоди при вирощуванні сільськогосподарських культур. Агроекологічний журнал. 2008. Спеціальний випуск. С. 22–26. *(Здобувачем проведено наукові дослідження, обробку та узагальнення отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).*

28. **Бабич А. Г.,** Бабич О. А. Морфологічна ідентифікація цистоутворюючих нематод, поширених в Україні. Наукові доповіді Національного аграрного університету. 2008. № 1 (9). URL: <http://nd.nubip.edu.ua/2008-1/08bagsiu.pdf> *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку та узагальнення отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).*

29. **Бабич А. Г.,** Андрійчук Т. О., Деревинко О. С., Коржук Р. Д та ін. Біовіт – альтернатива пестицидному пресу. Наукові доповіді Національного аграрного університету. 2008. № 2 (10) 10 с. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

30. Бабич О. А., **Бабич А. Г.** Особливості поширення та вдосконалення моніторингу хмельової цистоутворюючої нематоди. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2010. Вип. 145. С. 136–140. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

31. Сігарьова Д. Д., **Бабич А. Г.,** Бабич О. А. Моніторинг паразитичних нематод хмелю. Захист і карантин рослин: Міжвідомчий тематичний науковий збірник. 2010. Вип. 56. С. 138–147. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, експериментальні дослідження, підготовку матеріалів до друку).*

32. **Бабич А.Г.,** Сухарева Р. Д., Бабич О. А., Матвієнко О. П. Оптимізація традиційних та адаптивних систем удобрення в осередках поширення цистоутворюючих нематод. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Основи біологічного рослинництва в сучасному землеробстві. 2011. С. 290–294. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*

33. **Бабич А. Г.,** Бабич О. А. Основи новітнього моніторингу цистоутворюючих нематод. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2011. № 4 (26). URL: https://nd.nubip.edu.ua/2011_4/11bag.pdf *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

34. **Бабич А. Г.,** Бабич О. А. Виробниче біотестування ґрунту на заселеність цистоутворюючими нематодами. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2011. № 1–2 (24). URL: https://nd.nubip.edu.ua/2011_2/11bag.pdf *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*

35. Сігарьова Д. Д., **Бабич А. Г.,** Бабич О. А. Паразитичні нематоди хмелю. Карантин і захист рослин. 2011. № 7. С. 4–6. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

36. **Бабич А. Г.,** Бабич О. А. Особливості онтогенезу цистоутворюючих нематод. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2011. Вип. 162. Ч. 2. С. 75–82. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

37. **Бабич А. Г.,** Бабич О. А. Матвієнко О. П. Вдосконалення методології візуального моніторингу цистоутворюючих нематод. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2011. Вип. 168. Ч. 3. С. 123–126. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

38. **Бабич А. Г.,** Бабич О. А., Матвієнко О. П. Вплив домінуючих біотичних та антропогенних чинників на поширення цистоутворюючих нематод. Агроєкологічний журнал. 2012. № 3. С. 7–12 *(Здобувачем*

проведено дослідження, обробку отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).

39. **Бабич А. Г.,** Бабич О. А., Іванова К. О. Прогноз динаміки чисельності цистоутворюючих нематод у багатопільних сівозмінах та з короткою ротацією. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2012. № 1-2 (31). URL: https://nd.nubip.edu.ua/2012_2/12bag.pdf *(Здобувачем проведено аналітичні дослідження, узагальнення даних, підготовку матеріалів до друку).*

40. **Бабич А. Г.,** Бабич О. А., Миронець С. С. Особливості вертикального розподілу і просторового поширення цистоутворюючих нематод. Вісник Сумського національного аграрного університету. Агрономія і біологія. 2013. Вип. 11 (26). С. 28–32. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

41. **Бабич А. Г.,** Бабич О. А., Комарівська Н. І., Сухарева Р. Д. Концептуальні основи контролю чисельності цистоутворюючих нематод основних сільськогосподарських культур. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2013. Вип. 41. URL: https://nd.nubip.edu.ua/2013_5/4.pdf *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*

42. **Бабич А. Г.,** Сухарева Р. Д., Бабич О. А., Дзюба Ю. В. Видовий склад та зональна поширеність цистоутворюючих нематод в Україні. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2013. Вип. 42. URL: https://nd.nubip.edu.ua/2013_6/5.pdf *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

43. **Бабич А. Г.,** Бабич О. А., Статкевич А. О. Ефективність комбінованої токсикації сходів буряків цукрових системними препаратами. Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і

цукрових буряків НААН. 2013. Вип. № 17, Т. 1. С. 391–393. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

44. **Бабич А. Г.**, Сухарева Р. Д. Тривалість розвитку та динаміка чисельності золотистої картопляної цистоутворюючої нематоди в умовах західного Лісостепу України. *Захист рослин і карантин*. 2013. Вип. № 59. С. 285–293. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*

45. **Бабич А.**, Бабич О., Статкевич А., Радченко В. Ефективність передпосівної обробки насіннєвого матеріалу протруйниками від фітопаразитичних нематод. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2013. № 17 (2). С. 336–339. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

46. Бабич О. А., **Бабич А. Г.**, Білявська Л. О. Ефективність хімічних засобів захисту проти фітопаразитичних нематод хмелю. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Біологія, біотехнологія, екологія*. 2016. Вип. 234. С. 52–57. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку та узагальнення отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).*

47. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А., Статкевич А. О., Бондар В. А. Золотиста картопляна цистоутворююча нематода та заходи контролю її чисельності. *Захист і карантин рослин*. 2018. Вип. 64. С. 17–24. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

48. **Бабич А. Г.**, Сухарева Р. Д., Бабич О. А., Приходько І. В. Прикладні проблеми виявлення та ідентифікації золотистої картопляної нематоди. *Біологічні системи: теорія та інновації*. 2020. № 4. С. 87–95.

(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).

Статті у закордонних наукових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних

49. **Бабич А. Г.,** Бабич А. А., Ковальський О. В. Видовой состав и таксономическая структура цистообразующих нематод культурных и природных фитоценозов Украины. Российский паразитологический журнал. 2013. № 3. С. 111–117. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*

50. **Бабич А.Г.,** Бабич А. А., Тимченко А. В. Теоретические и прикладные проблемы прогнозирования потерь урожая от цистообразующих нематод. Российский паразитологический журнал. 2013. № 4. С. 38–42. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку та узагальнення отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).*

51. **Бабич А. Г.,** Бабич А. А., Дзюба Ю. В. Механизм регуляции онтогенеза цистообразующих нематод. Российский паразитологический журнал. 2013. № 4. С. 109–113. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку та узагальнення отриманих даних).*

52. **Бабич А. Г.,** Бабич А. А. Усовершенствование мониторинга распространения цистообразующих нематод. Российский паразитологический журнал. 2014. № 3. С. 122–129. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*

53. **Бабич А. Г.,** Бабич А. А. Концептуальные основы интегрированной защиты основных сельскохозяйственных культур от цистообразующих нематод. Российский паразитологический журнал. 2016. № 4. С. 568–574. *(Здобувачем проведено обробку та узагальнення отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).*

54. **Бабич А. Г.,** Бабич А. А., Белявская Л. А. Предпосевная обработка семян – эффективный прием защиты всходов растений от цистообразующих нематод. Российский паразитологический журнал. 2017. № 4. С. 392–394. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*

55. Бабич А. А., **Бабич А. Г.** Видовой состав и структура комплекса фитонематод цветочно-декоративных растений в условиях Голосеевского парка города Киева. Российский паразитологический журнал. 2018. № 2. С. 91–94. *Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

56. **Бабич А. Г.,** Бабич А. А. Пути расселения нематод семейства Heteroderidae. Российский паразитологический журнал. 2019. № 1. С. 85–89. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку та узагальнення отриманих даних, підготовку матеріалів до друку).*

Патенти:

57. Патент України на винахід № 62534. Переносний цистовиділювач нематод для аналізу бульбокоренеплодів / Бабич А.Г. 16.05.2005, бюл. № 5.

58. Патент України на корисну модель № 124126. Спосіб біотестування ґрунту на заселеність цистоутворюючими нематодами / Бабич О.А., **Бабич А.Г.** 26.03.2018, бюл. № 6. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження та підготовку матеріалів для подання заявки).*

59. Патент України на корисну модель № 125069. Пристрій для діагностування трофоатрактантної рецепції личинок цистоутворюючих / Бабич О.А., **Бабич А.Г.** 25.04.2018, бюл. № 8. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження та підготовку матеріалів для подання заявки).*

60. Патент України на корисну модель № 125070. Спосіб фітотестування ґрунту на заселеність цистоутворюючими нематодами в польових умовах / Бабич О.А., **Бабич А.Г.**, Білявська Л.О., Іутинська Г.О. 25.04.2018, бюл. № 8. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження та підготовку матеріалів для подання заявки).*

61. Патент України на корисну модель № 125072. Спосіб екологічно-безпечного контролю чисельності золотистої картопляної нематоди / Бабич О.А., **Бабич А.Г.**, Білявська Л.О., Іутинська Г.О. 25.04.2018, бюл. № 8. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження та підготовку матеріалів для подання заявки).*

62. Патент України на корисну модель № 125073. Спосіб первинної оцінки ефективності мікробіологічних і хімічних препаратів проти ґрунтових фітофагів / Бабич О.А., **Бабич А.Г.**, Білявська Л.О., Іутинська Г.О. 25.04.2018, бюл. № 8. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження та підготовку матеріалів для подання заявки).*

63. Патент України на корисну модель № 135169. Спосіб отримання комплексу фізіологічно-активних речовин із авермектинами у виробничих умовах / Білявська Л.О., Іутинська Г.О., Скроцький С.О., Бабич О.А., **Бабич А.Г.** 25.06.2019, бюл. № 12. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження та підготовку матеріалів для подання заявки).*

64. Патент України на корисну модель № 135173. Спосіб контролю чисельності золотистої картопляної нематоди / Бабич О.А., **Бабич А.Г.**, Білявська Л.О., Іутинська Г.О. 25.06.2019, бюл. № 12. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження та підготовку матеріалів для подання заявки).*

65. Патент України на корисну модель № 138060. Спосіб моніторингу цистоутворюючих нематод / Бабич О.А., **Бабич А.Г.**

25.11.2019, бюл. № 22. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження та підготовку матеріалів для подання заявки).*

66. Патент України на корисну модель № 139711. Спосіб дистанційно-візуального моніторингу ураження рослин цистоутворюючими нематодами / **Бабич А.Г.**, Бабич О.А. 10.01.2020, бюл. 1. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження та підготовку матеріалів для подання заявки).*

67. Патент України на винахід № 120688 / Поліфункціональний біопрепарат "Аверстім" для обробки рослин / Білявська Л.О., Іутинська Г.О., Лобода М.І., Бабич О.А., **Бабич А.Г.** 10.01.2020, бюл. №1. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження та підготовку матеріалів для подання заявки).*

Науково-методичні та методично-навчальні рекомендації:

68. Коржук Р.Д., Мельник П.О., Прунцев С.Є., Острик І.М., **Бабич А.Г.** Методичні рекомендації з виявлення картопляних цистоутворюючих нематод. Чернівці: Зелена Буковина, 2005. 44 с. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

69. **Бабич А.Г.**, Сикало О.О., Коржук Р.Д. Виявлення і заходи захисту від карантинних видів нематод картоплі: метод. вказ. К.: НАУ, 2005. 20 с. *(Здобувачем проведено обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

70. **Бабич А.Г.**, Шкаруба М.Г., Бабич О.А. Виявлення, облік та визначення видів цистоутворюючих нематод. Метод. рек. до проведення лаб. занять із напрямку 1304 – „Агрономія”: К.: НАУ, 2007. 22 с. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, морфометричні дослідження, розробку ключа визначення видів, підготовку матеріалів до друку).*

71. **Бабич А.Г.,** Венгер В.М., Венгер О.В., Дмитрієва О.Є., Матвієнко О.П., Шкаруба С.М. Моніторинг цистоутворюючих нематод. Київ, НУБіПУ, 2010. 26 с. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

72. **Бабич А.Г.,** Бабич О.А. Біотестування цистоутворюючих нематод: метод. рек. до проведення лаб. занять для підготовки студентів напряму 095.105 - Захист рослин. Київ, «Центр ІТ» 2011. 24 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

73. **Бабич А.Г.,** Бабич О.А., Бондарєва Л.М., Дмитрієва О.Є., Сикало О.О. Традиційний та новітній моніторинг цистоутворюючих нематод. Київ, ЦП «Компринт», 2011. 61 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

74. **Бабич А.Г.,** Бабич О.А. Моніторинг гетеродерід. Київ, ЦП «Компринт», 2015. 127 с. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*

75. **Бабич А.Г.,** Бабич О.А. Діагностування та заходи захисту від домінуючих цистоутворюючих нематод: метод. рек. для студентів факультету захисту рослин, біотехнологій та екології із напряму 095.105 – „Захист рослин”. Київ. 2016. 137 с. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

76. Іутинська Г.О., Білявська Л.О., Бабич О.А., **Бабич А.Г.,** Лобода М.І., Скроцький С.О. Новітні метаболічні препарати та технологія їх отримання. Київ, ЦП «Компринт», 2018. 34 с. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

77. **Бабич А.Г.,** Бабич О.А. Методи діагностування та обліку фітопаразитичних нематод: метод. рек. до проведення лаб. занять для підготовки студентів зі спеціальності 202 – „Захист та карантин рослин”.

К., 2020. 127 с. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, підготовку матеріалів до друку).*

Авторські свідоцтва на наукові твори

78. **Бабич А.Г., Бабич О.А.** Моніторинг і інтегрована система захисту зернових колосових від вівсяної цистоутворюючої нематоди. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. 2018. №76986 *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, підготовку матеріалів до друку).*

79. **Бабич А.Г., Бабич О.А.** Моніторинг і інтегрована система захисту картоплі від золотистої картопляної цистоутворюючої нематоди. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. 2018. №77001 *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, підготовку матеріалів до друку).*

80. **Бабич А.Г., Бабич О.А.** Моніторинг і інтегрована система захисту багаторічних бобових трав від конюшинної і люцернової нематод. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. 2018. №77002 (*(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, підготовку матеріалів до друку).*

81. **Бабич А.Г., Бабич О.А.** Фітосанітарний контроль вівсяної цистоутворюючої нематоди. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. 2018. №86007 *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнення даних, підготовку матеріалів до друку).*

82. **Бабич А.Г., Бабич О.А.** Фітосанітарний контроль золотистої картопляної цистоутворюючої нематоди. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. 2018. №86008 *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнення даних, підготовку матеріалів до друку).*

83. **Бабич А.Г., Бабич О.А.** Фітосанітарний контроль люцернової і конюшинної цистоутворюючих нематод. Свідоцтво про реєстрацію

авторського права на твір. 2018. №86011. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнення даних, підготовку матеріалів до друку).*

Тези наукових доповідей

84. Бабич А. Г. Заходи боротьби з буряковою нематодою. Проблеми агропромислового комплексу: пошук, досягнення: наукова конференція професорсько-викладацького складу та аспірантів, м. Київ, 20-21 листопада 1993 року: тези доповіді. К., 1993. С. 46.

85. Гуськова Л. О., **Бабич А. Г.**, Шарій В. М. Вивчення шкідливості цистоутворюючих нематод у виробничих умовах. Сучасні методи досліджень в агрономії: міжнародна конференція, м. Умань, 8–10 червня 1993 року: тези доповіді. Умань, 1993. С. 116–117. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

86. Бабич А. Г. Оптимізація захисту посівів цукрових буряків від бурякової нематоди. Оптимізація пестицидного навантаження в інтегрованих системах захисту цукрових буряків та інших культур бурякової сівоzmіни від шкідників, хвороб та бур'янів: наукова конференція, м. Київ, 14–15 березня 1995 року: тези доповіді. К., 1995. С. 18–19.

87. Бабич А. Г. Виносливість гібридів і сортів до бурякової нематоди і шляхи її підвищення. Современные проблемы генетики, биотехнологии и селекции растений: 2-я Международная конференция молодых ученых, г. Харьков, 19–23 мая 2003 года: тезисы доклада: Харьков, 2003. С. 249.

88. Бабич А. Г. Бур'яни-живителі бурякової нематоди. Проблеми бур'янів і шляхи зниження забур'янення орних земель: Наукова конференція Українського наукового товариства гербологів, м. Київ, 2004 року: тези доповіді. К., 2004. С. 84–86.

89. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А. Екологічні аспекти контролю чисельності цистоутворюючих нематод в агроценозах України. Інтегрований захист рослин. Проблеми та перспективи: міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 13–16 листопада 2006 року: тези доповіді. К., 2006. С. 102–103. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, підготовку матеріалів до друку).*

90. **Бабич А. Г.**, Бабич О. А. Проблеми нематодозів при інтродукції і акліматизації рослин: міжнародна науково-практична конференція до 75-річчя Ботанічного саду Дніпропетровського національного університету, м. Дніпропетровськ, 8–11 вересня 2008 року: тези доповіді. Дніпропетровськ, 2008. С. 98–99. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*

91. **Бабич А. Г.**, Дмитриева О. Е., Бабич А. А. Влияние ресурсосберегающих технологий возделывания с.-х. культур на популяции цистообразующих нематод. Ресурсосберегающее земледелие на рубеже XXI века: III Международная научно-практическая конференция: тезисы доклада. М., 2009. С. 15–19. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

92. Бабич О. А., **Бабич А. Г.** Діагностування осередкованого поширення цистоутворюючих нематод: всеукраїнська наукова конференція молодих учених, м. Умань, 2009 року: тези доповіді: Умань, 2009. С. 72. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

93. Бабич О. А., **Бабич А. Г.**, Матвієнко О. П. Екологічно-безпечні способи раціонального застосування пестицидів проти фітопаразитичних нематод. Актуальні проблеми наук про життя та природокористування: Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, м. Київ, 26–29 жовтня 2011 року: тези доповіді: К., 2011. С. 9–10. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*

94. **Бабич А. Г.,** Бабич О. А. Сучасний моніторинг фітонематодозів. Проблеми сталого розвитку агросфери: міжнародна науково-практична конференція, присвячена 195-річчю від дня заснування Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва, м. Харків, 4–6 жовтня 2011 року: тези доповіді. Харків, 2011. С. 53. *(Здобувачем проведено аналіз першоджерел, обробку експериментальних даних, підготовку матеріалів до друку).*

95. Бабич О. А., **Бабич А. Г.,** Матвієнко О. П., Особливості виробничого біотестування ґрунту на заселеність цистоутворюючими нематодами при інтродукції рослин. Відновлення порушених природних екосистем: IV Міжнародна наукова конференція, м. Донецьк, 18–21 жовтня 2011 року: тези доповіді. Донецьк, 2011. С. 34–35. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

96. **Бабич А. Г.,** Бабич О. А., Іванова К. О. Абіотичні, біотичні та антропогенні чинники популяційної динаміки цистоутворюючих нематод. Захист рослин у ХХІ столітті: проблеми та перспективи розвитку: міжнародна науково-практична конференція, присвячена 80-річчю з дня заснування факультету захисту рослин Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва, м. Харків, 14 вересня 2012 року: тези доповіді. Харків, 2012. С. 14–16. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

97. **Бабич А. Г.,** Бабич А. А., Іванова Е. А. Фитогормональний механізм регуляції онтогенеза цистообразующих нематод. Проблемы современной биологии: V Международная научно-практическая конференция, г. Москва, 20 мая 2012 года: тезисы доклада. М., 2012. С. 53–55. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, формулювання висновків).*

98. **Бабич А. Г.,** Бабич О. А., Матвієнко О. П. Від традиційного до новітнього моніторингу цистоутворюючих нематод. Захист рослин: наука,

освіта, інновації в умовах глобалізації: міжнародна науково-практична конференція, присвячена 50-річчю заснування факультету захисту рослин, м. Київ, 15–18 жовтня 2012 року: тези доповіді. К., 2012. С. 120–122. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку експериментальних даних, підготовку матеріалів до друку).*

99. Матвієнко О. П., **Бабич А. Г.**, Бабич О. А. Динаміка чисельності бурякової нематоди в багатопільних сівозмінах та з короткою ротацією. Фундаментальні та прикладні дослідження в зоології: Науково-практична конференція, м. Харків, 21–22 травня 2015 року: тези доповіді. Харків, 2015. С. 72–74. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, обробку даних, формулювання висновків).*

100. **Бабич А. Г.**, Орос А. В. Виробниче біотестування ґрунту на заселеність цистоутворюючими нематодами. Карантин та інтегрований захист рослин. Перспективи розвитку у XXI столітті: міжнародна науково-практична конференція вчених, аспірантів і студентів, м. Київ, 19–20 листопада 2015 року: тези доповіді. К., 2015. С. 187–188. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку даних, підготовку матеріалів до друку).*

101. Бабич О. А., **Бабич А. Г.**, Клепацька Т. О. Потенціал розмноження вівсяної нематоди на різних культурних рослинах-живителях. Реалізація потенціалу сортів зернових культур – шлях вирішення продовольчої безпеки: Міжнародна науково-практична конференція, с. Центральне, 20 жовтня 2017 року: тези доповіді. Центральне, 2017. С. 18. *(Здобувачем проведено аналіз першоджерел, експериментальні дослідження, підготовку матеріалів до друку).*

102. Бабич О. А., **Бабич А. Г.**, Намолван К. Я. Аеровізуальний моніторинг осередків нематодозів. Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур: VIII міжнародна науково-практична конференція молодих вчених і спеціалістів, с. Центральне, 19 квітня 2019 року: тези доповіді. Центральне, 2019. С. 14. *(Здобувачем*

проведено аналіз літературних джерел, обробку експериментальних даних, підготовку матеріалів до друку).

103. Білявська Л. О., **Бабич А. Г.**, Статкевич А. О., Іутинська Г. О. Новітні комплексні поліфункціональні біопрепарати для рослинництва. Біологічно активні препарати в рослинництві. Наукове обґрунтування – рекомендації – практичні результати: XV Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 25–29 червня 2019 року, тези доповіді. К., 2019. С. 108. *(Здобувачем проведено аналіз літературних джерел, обробку експериментальних даних, підготовку матеріалів до друку).*

Державне підприємство
«Український інститут інтелектуальної власності»
(Укрпатент)

ДИПЛОМ УЧАСНИКА

Всеукраїнського конкурсу

“ВИНАХІД 2020”

*Національний університет біоресурсів і
природокористування України,
Інститут мікробіології і вірусології
ім. Д.К. Заболотного НАН України*

Патент № 120688

В.о. Генерального
директора



Н.Л. Петрова

червень 2020 рік

м. Київ









УКРАЇНА



(19) (UA)

(11) 62534

(51) 7 G01N33/02,
A01C1/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**ПАТЕНТ**
на винахідвидано відповідно до Закону України
"Про охорону прав на винаходи і корисні моделі"Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності

М. Паладій

(21) 2003043042

(22) 07.04.2003

(24) 16.05.2005

(46) 16.05.2005. Бюл. № 5

(72) Бабич Анатолій Грйгорович

(73) Національний аграрний університет

(54) ПЕРЕНЕСНИЙ ЦИСТОВИДІЛЮВАЧ НЕМАТОД ДЛЯ АНАЛІЗУ
БУЛЬБОКОРЕНЕПЛОДІВ















УКРАЇНА



СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 86011

Науковий твір "Науково-методичні рекомендації "ФІТОСАНІТАРНИЙ
КОНТРОЛЬ ЛЮЦЕРНОВОЇ І КОНЮШИННОЇ ЦИСТОУТВОРЮЮЧИХ
НЕМАТОД"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) Бабич Анатолій Григорович, Бабич Олександр Анатолійович
(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать Національний університет біоресурсів і
природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ-41, 03041
(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації 19.02.2019



Державний секретар Міністерства
економічного розвитку і торгівлі
України О. Ю. Перевезенцев



УКРАЇНА



СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 77001

Літературно-письмовий твір наукового характеру "Науково-навчальні рекомендації "Моніторинг та інтегрована система захисту картоплі від золотистої картопляної цистоутворюючої нематоди"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) **Бабич Анатолій Григорович, Бабич Олександр Анатолійович**

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать **Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ-41, 03041**

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації 20.02.2018



Державний секретар Міністерства економічного розвитку і торгівлі України **О. Ю. Перевезенцев**


СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 77002

Літературно-письмовий твір наукового характеру "Науково-навчальні рекомендації "Моніторинг та інтегрована система захисту багаторічних бобових трав від люцернової і конюшинної цистоутворюючих нематод"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) **Бабич Анатолій Григорович, Бабич Олександр Анатолійович**

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать **Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ-41, 03041**

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації **20.02.2018**



Державний секретар Міністерства економічного розвитку і торгівлі України О. Ю. Перевезенцев

УКРАЇНА



СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 86007

Науковий твір "Науково-методичні рекомендації "ФІТОСАНІТАРНИЙ КОНТРОЛЬ ВІВСЯНОЇ ЦИСТОУТВОРЮЮЧОЇ НЕМАТОДИ"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) Бабич Анатолій Григорович, Бабич Олександр Анатолійович

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ-41, 03041

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації 19.02.2019



Державний секретар Міністерства економічного розвитку і торгівлі України О. Ю. Перевезенцев

УКРАЇНА



СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 86008

Науковий твір "Науково-методичні рекомендації "ФІТОСАНІТАРНИЙ
КОНТРОЛЬ ЗОЛОТИСТОЇ КАРТОПЛЯНОЇ ЦИСТОУТВОРЮЮЧОЇ
НЕМАТОДИ"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) Бабич Анатолій Григорович, Бабич Олександр Анатолійович
(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать Національний університет біоресурсів і
природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ-41, 03041
(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації 19.02.2019



Державний секретар Міністерства
економічного розвитку і торгівлі
України О. Ю. Перевезенцев