

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології**

ПОГОДЖЕНО

**Декан факультету захисту
рослин, біотехнологій та екології**

_____ **Юлія КОЛОМІЄЦЬ**
(підпис)

«___» _____ 20__р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Завідувач кафедри ентомології,
інтегрованого захисту та карантину
рослин**

_____ **Микола ДОЛЯ**
(підпис)

«___» _____ 20__р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Поширення та біологічні особливості горохової нематоди
на головних бобових культурах»**

Спеціальність «202 Захист і карантин рослин»

Освітньо-професійна програма «Захист і карантин рослин»

**Гарант освітньої програми
д.с.-г.н., професор**

(підпис)

Мирослав ПІКОВСЬКИЙ

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи,
д.б.н., доцент**

(підпис)

Анатолій БАБИЧ

Виконав

(підпис)

Максим ДЯЧЕНКО

Київ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ентомології,
інтегрованого захисту та карантину рослин
_____ **Микола ДОЛЯ**
«___» _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ БАКАЛАВРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧУ

Дяченку Максиму Васильовичу

Спеціальність «202 Захист і карантин рослин»

Освітньо-професійна програма «Захист і карантин рослин»

**Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Поширення та біологічні особливості
горохової нематоди на головних бобових культурах»**

затверджена наказом від «29» жовтня 2025 року № 2588 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 20. 05. 2026р.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи (проєкту): бобові культури, горохова нематода, особливості вертикального розподілу цист у ґрунті, просторове поширення осередків, культурні та сегетальні рослини-живителі, особливості розвитку, кількість генерацій, візуальні симптоми ураження

Перелік питань, що підлягають дослідженню: Особливості заселення ґрунту гороховою нематодою; основні рослини-живителі; фенологія і тривалість онтогенезу на горосі; біологічні пороги розвитку і сума ефективних температур; візуальні симптоми ураження і вдосконалення моніторингу гетеродерозу бобових

Дата видачі завдання 20. 05. 2025 р.

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи**

(підпис)

Анатолій БАБИЧ

Завдання взяв до виконання

(підпис)

Максим ДЯЧЕНКО

РЕФЕРАТ

УДК: 632.7:632.93 – Дяченко Максим Васильович – Бакалаврська кваліфікаційна робота «Поширення та біологічні особливості горохової нематоди на головних бобових культурах». Кафедра ентомології, інтегрованого захисту та карантину рослин. Київ, Національний університет біоресурсів та природокористування України, 2026 р.

58 стор. тексту, 3 розд., 4 рис., 7 табл., 32 - літературних джерела.
Рік виконання бакалаврської роботи: 2026.

Предмет досліджень – особливості онтогенезу горохової нематоди та гетеродерозу бобових культур.

Об'єкт дослідження – горохова нематода, культурні та сегетальні рослини-живителі, просторове поширення та вертикальний розподіл цист в ґрунті.

Мета і завдання досліджень – дослідити особливості просторового поширення, вертикальний розподіл цист у ґрунті, основні рослини-живителі, фенологію, кількість генерацій та вдосконалити нематологічний моніторинг за візуальними ознаками ураження гороху.

Основні результати досліджень кваліфікаційної роботи: Уточнено основні рослини-живителі горохової нематоди, розподіл цист фітопаразита за вертикальним профілем ґрунту, особливості розвитку та кількість генерацій, а також уточнено оптимальні терміни обстеження гороху на ураженість посівів гетеродерозом.

Практичне значення отриманих результатів: Дослідження особливостей вертикального розподілу цист в ґрунті дає змогу оптимізувати глибину відбору ґрунтових зразків для визначення рівня заселеності угідь, а уточнення біологічних особливостей горохової нематоди – діагностувати заселеність посівів за візуальними ознаками ураження в період завершення онтогенезу і наявності білих самиць на коренях рослин-живителів.

Методи дослідження. Використано традиційні для фітонематології методики проведення наукових досліджень. В лабораторних умовах здійснювали виділення цист з ґрунту флотаційним методом, підрахунок чисельності яєць і личинок у виділених цистах, виготовлення тимчасових мікропрепаратів, визначення видового складу нематод. В польових умовах встановлювали особливості поширення та вертикального розподілу популяції горохової нематоди, основні рослини-живителі, біологічні особливості та тривалість розвитку, кількість генерацій за період вегетації гороху, відбір і аналіз рослинних зразків.

Структура та обсяг магістерської роботи. Бакалаврська робота викладена на 57 сторінках тексту, ілюстрована 7 таблицями та 4 рисунками. Включає такі розділи: вступ, огляд літератури, експериментальну частину, висновки та рекомендації виробництву. Перелік наукової літератури містить 32 першоджерела.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ЗНАЧЕННЯ БОБОВИХ КУЛЬТУР У СУЧАСНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ ТА РЕЗЕРВИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ УРОЖАЙНОСТІ.....	10
1.1 Технологія вирощування гороху та інших бобових культур в сучасних умовах.....	10
1.2. Домінуючі шкідливі організми бобових культур.....	14
1.3 Біолого-екологічні особливості та фітосанітарні заходи контролю горохової нематоди	17
2. МІСЦЕ, УМОВИ ТА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	28
2.1 Ґрунтово-кліматичні умови	28
2.2 Методики проведення досліджень.....	31
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	34
3.1 Особливості просторового поширення горохової нематоди та вертикального розподілу цист у різних типах ґрунту.....	34
3.2 Культурні і сегетальні рослини-живителі горохової нематоди	43
3.3 Фенологія горохової нематоди	45
3.4 Вдосконалення моніторингу гетеродерозів бобових культур за візуальними ознаками ураження рослин	52
ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	56

ВСТУП

Горохова цистоутворююча нематода (*Heterodera goettingiana*) на території Вінницького р-ну Вінницької області не має статусу карантинного об'єкта, проте вона є осередковим фітопаразитом місцевої нематодофауни [6]. Фітопаразит зустрічається переважно в господарствах, де порушується сівозміна бобових культур. Нематода частіше фіксується на приватному секторі (городи), ніж на великих промислових масивах, через часте повернення гороху на те саме місце [4, 6, 19].

Опідзолені суглинки району та помірно зволоження є оптимальними для розвитку личинок. Цисти нематоди можуть зберігатися в ґрунті до 10 років, навіть за відсутності рослини-господаря.

При високій щільності популяції (понад 5 яєць на 1 г ґрунту) спостерігається значне пригнічення рослин - вони жовтіють, стають карликовими, а на корінні відсутні азотфіксуючі бульбочки [10,15].

Основні дані щодо поширення нематод у попередні роки: окрім Вінницької області, осередки цистоутворюючих нематод роду *Heterodera* (зокрема горохової, бурякової та вівсяної) історично та в останні роки (2020–2025) фіксувалися в Київській, Чернігівській, Сумській, Хмельницькій, Черкаській та Полтавській областях. Фахівці зазначають, що через зміну клімату та м'які зими ареал нематод просувається на північ, а кількість поколінь за сезон зростає. Найбільш сприятливими залишаються центральні та північні регіони України з достатнім зволоженням та суглинистими ґрунтами [6, 1, 19].

У Вінницькій та Київській областях часто фіксується висока щільність популяцій цистоутворюючих нематод у господарствах, де практикується коротка сівозміна чи впродовж декількох років горох вирощується як монокультура.

Головна причина поширення в усіх областях - недотримання 4-5 річного розриву у вирощуванні бобових на одному полі та відсутність широкого використання ефективних нематоцидів [4, 19].

Генетична стійкість до горохової цистоутворюючої нематоди (*Heterodera goettingiana*) залишається складним питанням. На відміну від сої чи картоплі, для яких виведено багато сортів із високою стійкістю до нематод, вибір стійких сортів гороху є обмеженим.

У Державному реєстрі сортів рослин України майже не вказується характеристика «стійкість до *H. goettingiana*» як основний параметр. Проте наукові дослідження (зокрема європейські) виділяють окремі види бобових. Найвищу стійкість мають дикі форми гороху, які селекціонери використовують для створення нових ліній [4, 6, 15].

Більшість сучасних інтенсивних сортів (як-от Мадонна, Саламанка) вважаються сприйнятливими, але за умови високого агрофону та вчасного живлення вони здатні формувати врожай навіть при помірному зараженні.

Хоча абсолютно імунних сортів для масового посіву немає, вчені виділяють сорти з потужною кореневою системою та інтенсивним стартовим ростом, які «випереджають» розвиток личинок: Сорти вусатого типу (Остінато, Оркестра) завдяки кращій аерації посівів та стійкості до вилягання, менше страждають від супутніх гнилей коренів, які завжди супроводжують інвазування нематодою.

Створення стійких сортів є проблематичним, оскільки горохова нематода виділяє травні ферменти, які змушують рослину формувати «гігантські клітини» для її живлення. Так, як горох має ніжну кореневу систему, більшість культурних сортів легко піддаються цьому процесу.

В якості альтернативи слід використовувати інші заходи та засоби: обробка насіння препаратами, що містять специфічні компоненти проти нематод (наприклад, деякі препарати на основі авермектинів). За умови сильного зараження, краще на 5-6 років замінити горох на культури, які не є господарями для цього виду нематоди (кукурудза, соняшник, пшениця, ріпак).

Доцільним також є посів сидератів (гірчиця, редька), виділення яких провокують «хижий» вихід личинок із цист у ґрунт, де вони гинуть без їжі.

Вважають, що горохова цистоутворююча нематода (*Heterodera goettingiana*) не паразитує на сої, оскільки це вузькоспеціалізований паразит,

коло господарів якого обмежене переважно рослинами з триби *Vicieae*. Основними рослинами-живителями є горох (основний господар); кормові боби (кінські боби); вика; чина; пелюшка (кормовий горох); деякі види сочевиці.

В зв'язку з тим, що соя належить до іншої ботанічної групи (*Phaseoleae*). личинки горохової нематоди можуть виходити з цист у присутності корневих виділень сої, але не проникати в корені і не завершувати цикл розвитку. Разом з тим, вважаємо що для уточнення трофічних зв'язків горохової нематоди необхідні подальші глибокі дослідження.

Для науково-обґрунтованого застосування протинематодних заходів доцільні також дослідження щодо встановлення особливостей просторового поширення, вертикального розподілу популяції в ґрунті, фенології, тривалості розвитку фітопаразита, потенційної можливості виживання на сегетальній рослинності, а для виробництва також і визначення оптимальних термінів проведення обстежень бобових за візуальними ознаками ураження рослин гетеродерозами.

1. ЗНАЧЕННЯ БОБОВИХ КУЛЬТУР У СУЧАСНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ ТА РЕЗЕРВИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ УРОЖАЙНОСТІ

1.1 Технологія вирощування гороху та інших бобових культур в сучасних умовах

Сучасні технології вирощування гороху та інших бобових культур (сої, нуту, сочевиці) орієнтовані на максимальне збереження вологи, мінімізацію витрат та розкриття генетичного потенціалу насіння.

Традиційна (класична) технологія вирощування гороху у Вінницькій області базується на обов'язковій глибокій осінній оранці плугом та інтенсивному весняному обробітку ґрунту. На відміну від No-till чи Strip-till, ця система спрямована на створення пухкого, чистого від бур'янів шару ґрунту механічним шляхом.

Основний та передпосівний обробіток ґрунту включає: лушення стерні проводять дисковими боронами (наприклад, ЛДГ-10 чи сучасними дискаторами) на глибину 8-10 см одразу після збирання попередника для провокації проростання бур'янів.

Зяблева оранка здійснюється плугами з передплужниками (ПЛН-3-35, ПЛН-5-35) на глибину 25–27 см у вересні-жовтні. Це забезпечує руйнацію плужної підшви та заробляє рослинні рештки. Для закриття вологи проводять ранньовесняне боронування важкими або середніми зубовими боронами (БЗТС-1.0) у два сліди. Передпосівна культивування виконується культиваторами (КПС-4) на глибину загортання насіння (5-6 см) з одночасним боронуванням безпосередньо перед сівбою [3, 11].

Для посіву здійснюють очищення та калібрування посівного матеріалу - відбір великого, кондиційного насіння без пошкоджень брукхусом.

Протруєння та інокуляція: обробка фунгіцидним протруювачем (наприклад, на основі флудіоксонілу) для захисту від гнилей та ризоторфгеніс (інокулянт) для фіксації азоту в день сівби.

Насіння висівають у перші 3-5 днів від початку польових робіт (переважно кінець березня). Спосіб сівби: суцільний рядовий із міжряддям 15 см (сівалками

СЗ-3.6, СЗ-5.4). Глибина загортання становить 5-7 см (на легких ґрунтах до 8 см). Застосування післяпосівного коткування є обов'язковим прийомом. Його здійснюють кільчасто-шпоровими котками (ЗКШ-6) для покращення контакту насіння з ґрунтом та підтягування вологи [13].

Система удобрення передбачає використання фосфорно-калійних добрив (Суперфосфат, Хлористий калій або нітроаммофоска), які вносять під оранку восени в дозі 45-60 кг/га. Для активації початкових фаз росту та розвитку рослин застосовують невеликі дози азоту (20-30 кг/га) навесні під культивуацію або під час сівби [14].

Догляд за посівами включає досходове боронування, яке здійснюють через 4-5 днів після сівби (поки проросток гороху не перевищує довжину самого насіння) для знищення ниточкової фази бур'янів. Післясходове боронування: виконується у фазу 2-3 листків гороху легкими зубовими боронами у суху погоду (після 11:00 дня, коли тургор рослин знижений) впоперек напрямку сівби [4, 6, 23].

Хімічний захист: застосування класичних гербіцидів (на основі *бентазону* або *прометрину*) по вегетації, двократна обробка інсектицидами проти попелиці та брухусу в період бутонізації та цвітіння [28].

Для збирання врожаю при класичній технології з довгостебловими сортами часто використовували: скошування у валки жатками (ЖВН-6) при пожовтінні 60–70% бобів, а через 3-5 днів - підбирання та обмолот комбайнами з підбирачами. Для сучасних вусатих сортів за традиційного обробітку застосовують пряме комбайнування після попередньої десикації посівів [13].

Для сучасних ресурсо і вологозберігаючих технологій застосовують також глибоке розпушування, що замінює традиційну оранку для руйнування плужної підшви.

Системи No-till та Strip-till: зберігають пожнивні рештки на поверхні для утримання вологи. Вирівнювання поля: є обов'язковим восени для забезпечення низького зрізу при збиранні бобових.

Передпосівна інокуляція: обов'язкова обробка насіння штаммами азотфіксуючих бактерій (ризобій).

Ранні строки: горох та сочевицю сіють у перші дні виходу в поле при температурі ґрунту +2...+4°C.

Стартове живлення: внесення малих доз фосфору та калію в рядки під час сівби. Мікроелементи: критично важливе внесення бору (В) та молібдену (Мо) для розвитку бульбочок.

Для умов Вінницької області (зона Правобережного Лісостепу) технологія вирощування гороху базується на ефективному використанні весняної вологи та контролі специфічних патогенів. Кращими попередниками є: озима пшениця, ячмінь, кукурудза на силос (небажано сіяти після соняшнику) [3, 24].

Осіння підготовка: глибоке розпушування на 25–27 см восени для руйнування плужної підшви та накопичення опадів.

Закриття вологи: ранньовесняне боронування в один слід відразу після підсихання верхнього шару ґрунту. Сіють в ранні строки: у перші дні польових робіт (кінець березня – початок квітня) при температурі ґрунту +2-3°C.

Інокуляція: обов'язкова обробка насіння бактеріями *Rhizobium leguminosarum* разом із мікроелементами (Молібден і Бор).

Норма висіву: для сучасних безлистих (вусатих) сортів становить 1,0–1,2 млн схожих насінин на гектар.

Система живлення передбачає внесення 20-30 кг/га азотних добрив та по 45-60 кг/га фосфорних і калійних під час осіннього обробітку або в рядки при сівбі. Позакореневе підживлення: внесення комплексних добрив з сіркою та бором у фазу бутонізації [4, 6, 19]..

Перед збиранням урожаю за 7–10 днів при побурінні 70–75% бобів проводять обробку посівів дикватом. Для уникнення травмування зерна застосовують флекс-жатки за понижених обертів барабана до 400–500 об/хв.

Для вирощування в умовах Вінницької області (зона Правобережного Лісостепу) у Державному реєстрі сортів рослин України зареєстровано широкий спектр сортів. Найбільш затребуваними є високоінтенсивні безлисті (вусаті) сорти, які відрізняються стійкістю до вилягання та придатні для прямого комбайнування, зокрема Астронавт (Німеччина) - середньоранній сорт, один із лідерів за стійкістю до вилягання (8,2–8,5 бала) та осипання. Має високу

пластичність та стабільний врожай за посушливих умов. Саламанка (Німеччина) - середньостиглий сорт з найвищим балом стійкості до вилягання (8,8 бала) та високим потенціалом зернової продуктивності. Грегор (Німеччина) - високоврожайний сорт інтенсивного типу, що демонструє високі результати у Лісостепу (середня врожайність в дослідях досягає 4,4–4,5 т/га). Мадонна (Німеччина) - класичний, перевірений часом середньостиглий сорт, дуже популярний серед господарств Вінниччини завдяки стійкості до посухи та хвороб. Слован (Чехія) - сорт з високою стійкістю до осипання зерна та швидким стартовим ростом навесні. Аудіт (Франція) - середньоранній вусатий сорт із високим вмістом протеїну та відмінною стійкістю до кореневих гнилей.

До перктивних сортів вітчизняної селекції належать сорти: Глянс (Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва) - вирізняється високою екологічною пластичністю та чудовою адаптацією до температурних коливань Лісостепу; Царевич (Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва) - середньостиглий сорт з високими смаковими та товарними якостями зерна, стійкий до вилягання; Оплот (Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва) - сорт вусатого типу, формування врожаю якого на 6-8 днів випереджає сорт Царевич, що дозволяє розширити строки збирання. Вінничанин (Уладово-Люлінецька ДСС, Вінницька обл.) - місцевий сорт зернового напрямку, який максимально пристосований до біокліматичного потенціалу саме цієї області [16, 23]

1.2. Домінуючі шкідливі організми бобових культур

В умовах Вінницького району Вінницької області найбільшу загрозу становлять: гороховий зерноїд (брухус) – один із небезпечних шкідників генеративних органів, оскільки личинка розвивається всередині насінини, негативно впливаючи як на урожайність, так і схожість та харчову цінність насіння [7, 28, 29].

Горохова попелиця живиться соком молодих пагонів та листя, зумовлюючи їх деформації. Однак часто втрати є ще більшими оскільки попелиці є переносниками вірусних хвороб.

Значних втрат здатні також завдавати личинки (гусениці) горохової плодожерки. Шкода від неї проявляється також і в том, що крім пошкодження зерна, вони також його забруднюють екскрементами.

Імаго бульбочкових довгоносиків пошкоджують краї листків, а личинки знищують азотфіксуючі бульбочки на кореневій системі. Отже дорослі особини шкодять надземній частині рослин, а личинкові стадії - підземній [6, 28].

Серед основних хвороб гороху виділяють наступні: аскохітоз проявляється у формі виразок на листках та бобах. За сильного ураження, особливо у роки з надмірним випадання опадів, може призвести до повної загибелі посівів [28].

Наведені результати засвідчують, що найбільш критичними для гороху є період від сходів до початку цвітіння. Саме в цей час ураження гороховою нематодою та кореневими гнилями можуть зумовити передчасну загибель рослин, наслідком чого є зрідженість посівів гороху.

Варто також вміти правильно діагностувати ураження іншими збудниками. Так, фузаріоз викликає загнивання кореневої системи та закупорку судин, що призводить до передчасного жовтіння та загибелі рослин.

Переноспороз формує білуватий наліт на нижній стороні листків, порушуючи процеси фотосинтезу. Антракноз може завдати ще більше збитків, оскільки хвороба уражає всі надземні органи, спричиняючи відмирання тканин[28].

Критичні фази шкідливості у посівах гороху

Група шкідливих організмів	Об'єкт (шкідник/хвороба)	Сходи	3-5 листків	Бутонізація	Цвітіння	Формування бобів	Налив зерна
Комахи-шкідники	Бульбочкові довгоносики	КР	КР	-	-	-	-
	Горохова попелиця	-	П	КР	КР	П	-
	Гороховий зерноїд (брухус)	-	-	-	КР	КР	П
	Горохова плодожерка	-	-	-	П	КР	КР
Хвороби	Кореневі гнилі (фузаріоз)	КР	КР	П	П	-	-
	Аскохітоз	-	П	КР	КР	КР	П
	Пероноспороз	П	КР	КР	П	-	-
Паразити	Горохова нематода	КР	КР	КР	П	-	-
Бур'яни	Однорічні та багаторічні	КР	КР	П	-	-	-

Умовні позначення: КР - Критичний період (максимальна шкідливість, необхідність термінового контролю).

П - Період можливого ураження (необхідність моніторингу).

«-» - Шкідливість зазвичай відсутня або мінімальна.

КР - Критичний період (максимальна шкодочинність, необхідність термінового контролю). П – Потенційний період завдання втрат урожаю

«-» - Шкідливість зазвичай відсутня або мінімальна.

Горох має низьку конкурентоспроможність на ранніх етапах, тому комплекс бур'янів (особливо лобода біла, мишій, пирій повзучий) може знизити врожайність на 30–50%. Крім безпосередніх втрат урожаю, ряд бур'янів здатні

бути додатковими джерелами виживання нематод за відсутності культурних рослин-живителів [29].

Разом з тим, слід відмітити, що одними із найменш вивчених залишаються фітопаразитичні нематоди, серед яких найбільш проблемною є горохова цистоутворююча нематода. Вона за масового накопичення здатна спричиняти ґрунтовому, блокувати формування бульбачок, а ураження коренів зумовлює вищу схильність до ураження фузаріозом.

1.3. Біолого-екологічні особливості та фітосанітарні заходи контролю горохової нематоди

Незважаючи на те, що перші відомості про фітонематод з'явилися ще у XVIII ст., тривалий час їхній ролі у сільськогосподарській практиці не приділялося належної уваги [17, 19]. До середини XIX ст. дані про цих паразитів рослин залишалися предметом вивчення вузького кола науковців та окремих фахівців, і лише в поодиноких випадках втрати врожаю культурних рослин ідентифікували як наслідок життєдіяльності нематод [21, 25, 31].

Додатковим ускладнюючим фактором була відсутність специфічних зовнішніх симптомів у більшості нематодних захворювань, що унеможливлювало їх візуальну діагностику на ранніх етапах. Крім того, негативний вплив фітонематод на агроценози має кумулятивний характер: економічно значущі збитки стають помітними лише тоді, коли щільність популяції сягає критичного рівня, на що іноді потрібно кілька років [9, 26].

Нині ідентифіковано понад 4000 видів фітопаразитичних нематод, здатних викликати патологічні зміни та загибель рослин [20]. За узагальненими даними, втрати світового виробництва рослинної продукції внаслідок діяльності фітонематод становлять 10-14 %, що складає від 80 до 125 млрд дол. США [4, 19].

Цистоутворюючі нематод відносять до найбільш проблемних, що зумовлено наявністю в їх життєвому циклі стадії цисти, досить витривалої до різних несприятливих чинників, що забезпечує виживання потомства в анабіозі до 10 і навіть більше років.

Переважає більшість нематод є роздільно-статевими. Проте деякі види здатні розмножуватися партеногенетично. В процесі онтогенезу нематоди послідовно проходять такі стадії: яйце, личинки (1-4 віків) дорослі особини - самиці і самці [19, 30].

Тривалість онтогенезу в значній мірі залежить від абіотичних умов середовища. За несприятливих умов нематоди впродовж тривалого часу перебувати в стані анабіозу, деякі види навіть від декількох до понад 10 років.

Для багатьох видів біологічні особливості є недостатньо вивченими чи потребують уточнення.

Щільність популяцій нематод залежить від ряду чинників, зокрема типу ґрунту, механічного складу, аерованості ґрунту, рівня вологозабезпеченості, стану кореневої системи та умов росту і розвитку рослин в цілому і т.д. [19, 20].

Ступінь розмноження згідно досліджень ряду вчених в значній мірі також залежить від рівня допосівної заселеності рослин, видового і сортового потенціалу певних рослин-живителів. Спостерігається певна закономірність за низьких початкових чисельностей і зниження плодючості самиць за дуже високих щільностей популяції. Конкурентні відносини як видові так міжвидові, а також погіршення умов існування внаслідок високого інвазійного навантаження і пригнічення рослин, є одними із чинників побічного впливу і на потенціал розмноження фітопаразитичних видів. Так, окрім зниження загальної плодючості самиць може спостерігатися зміщення в популяціях співвідношення між самицями і самцями. Зокрема, відсоток самців часто є вищим порівняно із самицями при різкому погіршенні умов живлення, а також при вирощуванні стійких сортів чи гібридів. Проте, для пізнання цих тенденцій необхідні подальші глибокі дослідження.

Враховуючи, що ступінь розмноження в значній мірі залежить від фізіологічного стану рослин в період вегетації доцільним є також дослідження чинників, які безпосередньо чи побічно впливають ріст та розвиток рослин, зменшуючи вплив стресових як біотичних, так і абіотичних факторів. Це дає змогу отримувати стабільні урожаї навіть в осередках значного поширення нематод.

Серед комплексу заходів захисту найбільш доступними є агротехнічні, які не вимагають значних витрат на їх впровадження [19, 24].

Ефективність протинематодних сівозмін полягає в біологічному блокуванні циклу розмноження шкідника та природному очищенні ґрунту від його життєздатних форм.

Оскільки горохова нематода є вузькоспеціалізованим паразитом (уражує переважно рослини родини бобових), правильна ротація культур діє одразу в

кількох напрямках: коли на полі вирощують культури-неживителі (наприклад, кукурудзу, пшеницю, соняшник чи буряк), личинки, що виходять із цист навесні, не знаходять джерела живлення і масово гинуть протягом сезону. Також, щороку в науково-обґрунтованих сівоzmінах частина цист втрачає життєздатність через природні процеси, дію ґрунтових мікроорганізмів та грибів. За 5-6 років без бобових культур популяція шкідника знижується нижче порогу шкідливості [19].

Ряд культур здатні активувати вихід личинок із цист. Зокрема, кореневі виділення деяких культур-неживителів (наприклад, жита або вівса) хімічно стимулюють личинок виходити з цист, імітуючи присутність гороху. Личинки виходять у ґрунт і гинуть, так і не почавши цикл розмноження.

Для боротьби з гороховою нематодою (*Heterodera goettingiana*) використовують дві основні групи провокаційних культур, що виділяють корінням специфічні речовини (ексудати), які «обманюють» нематоду. Личинки сприймають їх як корінь гороху, виходять із цист у ґрунт, але не можуть харчуватися цими рослинами і масово гинуть від голоду. Зокрема, овес піщаний (чорний) та овес посівний: Найбільш ефективні також злакові сидерати. Їхні кореневі виділення також активно провокують вихід личинок горохової нематоди [15, 19].

Жито озиме окрім провокаційного ефекту, за рахунок потужної кореневої системи суттєво пригнічує бобові бур'яни, позбавляючи нематоду додаткових джерел живлення. Кукурудза має потужний провокаційний ефект корневих виділень для багатьох видів нематод, водночас є абсолютно стійкою до горохової нематоди.

Ряд інших культур здатні проявляти алеопатичні властивості. Ці рослини не просто провокують нематоду, а містять у своїх тканинах природні токсини (глікозиди, алкалоїди, ефірні олії). При вирощуванні або загортанні їхньої зеленої маси в ґрунт (сидерація) вони діють як природні біопестициди [32].

Гірчиця біла та Редька олійна (спеціальні селекційні сорти, наприклад, «Терранова»): Під час цвітіння або подрібнення виділяють ізотіоціанати (гірчичні олії), які руйнують оболонку цист та знищують личинок у ґрунті [31].

Чорнобривці (*Tagetes patula*, *Tagetes erecta*): є оптимальним варіантом для невеликих ділянок і городів. Їхнє коріння виділяє альфа-тертиніл - речовину, яка блокує дихання та репродуктивну систему нематод, очищуючи ґрунт на 50-70% за один сезон.

Календула є аналогічно чорнобривцям, виділяючи фітонциди, що знезаражують ґрунт від шкідників та збудників корневих гнилей. В разі використання для сидератів сприйнятливих бобових культур (інколи для цього сіють вику або кормові боби), їх необхідно скосити та загорнути в ґрунт (або знищити гербіцидом суцільної дії) строго не пізніше 3-4 тижнів після сходів. Личинки встигнуть проникнути в коріння, але не досягнуть стадії дорослих самок і не сформують нові цисти.

Для запобігання розмноження нематод у перервах між повторним вирощуванням рослин-живителів необхідно знищувати та видаляти дикорослі бобові рослини, які слугують додатковим джерелом живлення для фітопаразита.

Ефективність протинематодних заходів на забур'янених полях різко знижується, оскільки бур'яни діють як біологічне укриття та альтернативне джерело живлення для нематоди. Через це всі зусилля щодо сівозміни або використання культур-пасток зводяться нанівець. Це зумовлено тим, що горохова нематода може жити й успішно розмножуватися не лише на горосі, а й на дикорослих бобових бур'янах (мишачий горошок, чина дика, конюшина, люцерна серпоподібна, бурдун). Якщо на полі є ці бур'яни, нематода виживає навіть за умови відсутності гороху в сівозміні.

Іншою обставиною є те, що навіть, якщо посіяли культуру-неживитель (наприклад, кукурудзу чи пшеницю), на якій нематода мала б загинути, наявність бобових бур'янів у міжряддях дозволяє фітопаразиту завершити свій життєвий цикл і сформувати нові цисти. Також вважають, що кореневі виділення бур'янів змішуються з виділеннями культур-пасток або культур-неживителів. Це збиває «орієнтири» личинок, заважає їм реагувати на хибних господарів або, навпаки, дає їм сигнал, що поруч є підходяща дика бобова рослина. Густий бур'яновий покрив може також затінювати ґрунт і затримувати вологу. Оптимальна вологість та відсутність перегріву ґрунту сонцем створюють ідеальні умови для

виживання цист та активного переміщення личинок у верхніх шарах землі. Однак, за посушливих умов бур'яни конкурують з культурними рослинами за воду та поживні речовини. Слабкий, пригнічений бур'янами горох має тонку кореневу систему, яка набагато сильніше уражується навіть невеликою кількістю нематод і швидше гине.

Позитивний вплив глибокої оранки порівняно з безполицевим обробітком ґрунту полягає в тому, що осінній зяблевий обробіток ґрунту переміщує цисти у глибші шари, що знижує активність личинок навесні.

Ефективність глибокої зяблевої оранки (на глибину 25–30 см і більше) у боротьбі з гороховою нематодою базується на механічному переміщенні та біологічному пригніченні фітопаразита. Цей захід проявляє свою ефективність через наступні чинники: переміщення у несприятливу зону - основна маса цист і яєць нематоди зосереджена у верхньому шарі ґрунту (0-15 см), де росте коріння. Глибока оранка з перевертанням пласта переміщує їх на глибину понад 25 см. На такій глибині личинкам важко знайти коріння молодих рослин навесні, і

Потрапляючи восени на поверхню ґрунту після перевертання пласта, нижні шари землі опиняються під дією низьких зимових температур. Хоча цисти дуже стійкі, різкі перепади температур і сильні морози без снігового покриву знищують значну частину яєць всередині них.

На глибині понад 25 см різко знижується концентрація кисню та накопичується вуглекислий газ. У таких умовах сповільнюються всі метаболічні процеси всередині цист, а відповідно і уповільнення виходу личинок із цист.

У глибоких і вологих шарах ґрунту активніше розвиваються анаеробні та сапрофітні мікроорганізми, а також хижі ґрунтові гриби

Застосування нематоцидів: На сильно заражених ділянках в ряді країн вносять спеціальні хімічні препарати під час обробітку ґрунту. Однак, в

В Україні хімічний контроль ґрунтових нематод на посівах зернобобових культур є вкрай обмеженим. Зокрема, хімічних нематоцидів суцільної дії, які були б офіційно зареєстровані в Державному реєстрі пестицидів України спеціально для внесення під горох у період вегетації, немає. Це пов'язано з

високою токсичністю традиційних нематоцидів (фосфорорганічних сполук та фумігантів) для довкілля та їхньою здатністю накопичуватися в бобах [19].

Проте для захисту гороху офіційно дозволені та використовуються дві групи препаратів: комплексні протруювачі та біологічні нематоциди. Так, для захисту молодих проростків гороху від проникнення личинок нематод на початкових етапах використовують інсектицидні та фунгіцидно-інсектицидні протруювачі, які в деякій мірі проявляють і нематоцидні властивості: препарати на основі тіаметоксаму (наприклад, *Круїзер* та аналоги) - забезпечують системний захист підземної частини рослини в перші 3-4 тижні вегетації, а *Гаучо* та аналоги стримують інвазію личинок нематод та інших ґрунтових шкідників на фазі сходів.

Оскільки хімічні препарати для внесення в ґрунт під горох заборонені, основним інструментом стали мікробіологічні засоби. Вони екологічні, не мають терміну очікування до збору врожаю і сертифіковані для використання в Україні. Нематофагін (на основі хижого гриба *Arthrobotrys oligospora*): утворює в ґрунті клейкі сітки-пастки. Коли личинка нематоди потрапляє в них, гриб проростає всередину шкідника і знищує його. Також виділяє токсини, що руйнують оболонку цист. Вноситься в ґрунт під час посіву або передпосівної культивуації. Бактерії колонізують коріння гороху, створюючи захисний бар'єр. Вони виділяють ферменти, які паралізують рухомих личинок у ґрунті та руйнують яйця в цистах. Препарати вносять в рядок під час посіву або обприскування ґрунту з подальшою заробкою.

Для великих агоропідприємств оптимальним рішенням є інсектицидне протруювання насіння у поєднанні з внесенням біопрепаратів через аплікатори сівалки для підвищення імунітету сходів гороху.

Стійкі сорти: Використання сучасних сортів гороху, генетично стійких до ураження цистоутворювальною нематодою, є найбільш економічно вигідним та екологічним методом контролю. Однак, на теперішній час стійких (імунних) комерційних сортів гороху проти горохової цистоутворювальної нематоди (*Heterodera goettingiana*) на ринку немає [31].

Майже всі сучасні комерційні сорти луцильного, мозкового та цукрового гороху мають високу або помірну сприйнятливості до цього конкретного фітопаразита. Створення стійких ліній триває, але цей процес ускладнений обмеженим природним генетичним захистом у роду *Pisum*.

Проте ситуація з вибором сортів має важливі нюанси: у світовій практиці оцінки стійкості (зокрема, за даними досліджень фітопатологів) сорти розділяють за рівнем ураження та здатністю нематоди розмножуватися на їхньому корінні: помірно стійкі сорти зокрема європейські та світові сорти, як *Salamanca*, *Viper* та *Aragorn*, демонструють кращу опірність порівняно зі стандартними. Кореневі виділення деяких із них (наприклад, сорту *Viper*) значно менше стимулюють вихід личинок із цист, а відповідно і зростання чисельності їх популяцій.

Популярні ринкові сорти зокрема *Альфа*, *Авола*, *Ідалго F1*, *Дінга* мають генетичну стійкість до багатьох хвороб (наприклад, до фузаріозного в'янення або борошнистої роси), але залишаються вразливими до цистової нематоди.

Це зумовлено тим, що дикі родичі гороху мають гени стійкості, але під час схрещування з культурними сортами виникають біологічні бар'єри (безплідність гібридів). Крім того, личинки нематоди використовують кореневі виділення самого гороху, щоб знайти рослину, тому повністю «замаскувати» культуру на генетичному рівні вкрай важко. Оскільки сорт сам по собі не вирішить проблему, перевагу при виборі сортів віддають сортам з потужною енергією росту та регенерацією коренів.

Зокрема вирощують ранньостиглі сорти та висівають їх у максимально ранні строки. Вони встигають сформувати врожай до піку активності нематоди. Для досягнення високої ефективності відсутність стійкості сорту компенсують додатковими заходами, наведеними раніше - агротехнічними та біологічними методами (сівозміна, хижі гриби, сидерати) [16, 19].

Досвід багатьох країн засвідчує необхідність комплексного контролювання фітонематод, тому, що наприклад протруювачі захищають коріння лише перші 3-4 тижні. Після закінчення дії препарату личинки, які масово виходять із цист пізніше, безперешкодно інвазують рослину. Живі гриби

та бактерії потребують часу для заселення ґрунту і сильно залежать від погоди (в посуху їхня ефективність стрімко падає). Якщо в ґрунті критично висока концентрація цист, біоагенти просто не впораються з такою масою фітопаразитів на старті.

Перевертання пласта ґрунту переміщує цисти на глибину, але частина з них усе одно залишається у верхньому шарі. Крім того, за кілька років під час наступних обробітків ґрунту ці цисти знову піднімуться наверх, залишаючись життєздатними. Якщо поле сильно забур'янене дикими бобовими травами, нематода підтримуватиме щільність популяції без гороху, розмножуючись на бур'янах, що відповідно знижуватиме ефективність сівозми. Отже, найвищий ефект (понад 90% очищення ґрунту) досягається лише тоді, коли методи працюють разом: сівозміна знижує загальний фон, глибока оранка переміщує цисти в глибші шари ґрунту, ранній посів знижує рівень заселеності на початкових етапах росту, біонематициди контролюють личинок у прикореневій зоні.

Агротехнічний метод є головним у боротьбі з гороховою нематодою, оскільки знищити цисти в ґрунті хімікатами вкрай важко. Основна мета цих заходів - перервати цикл розмноження шкідника та зменшити його популяцію.

Найкращими попередниками для гороху є озимі та ярі зернові (пшениця, ячмінь), кукурудза, картопля. Не слід висівати горох після інших бобових та соняшнику (спільні хвороби, такі як склеротиніоз). Повертати горох на те саме поле можна не раніше ніж через 4-5 років. Разом з тим, горох є ідеальним попередником для озимої пшениці, оскільки рано звільняє поле і залишає в ґрунті до 50-70 кг/га біологічного азоту [24].

Для запобігання масового розмноження горох, боби, сою, сочевицю та чину повертати на попереднє місце щонайменше через 5-6 років. В якості попередників слід вирощувати перед бобовими культурами - зернові злаки (пшениця, ячмінь, кукурудза), цукровий буряк, картоплю або соняшник. Висівати горох у максимально ранні, оптимальні для регіону строки. Це дозволяє рослинам зміцнити до масового виходу личинок шкідника з цист, які активізуються під час прогрівання ґрунту.

Ефективність ранніх строків посіву в боротьбі з гороховою нематодою базується на різниці температурних оптимумів для розвитку рослини та шкідника. Насіння гороху починає проростати за температури ґрунту $+1 \dots +2$ °С, а сходи витримують заморозки. Водночас личинки нематоди масово виходять із цист і стають активними лише тоді, коли ґрунт прогрівається до $+8 \dots +12$ °С. Завдяки ранньому посіву горох встигає сформувати розвинену, міцну та глибоку кореневу систему до моменту масового заселення паразитом. Коріння рослини з часом стає більш грубим і стійким до проникнення личинок. Навіть якщо частина коріння уражується, потужна коренева система продовжує забезпечувати рослину вологою та поживними речовинами. Це допомагає рослинам пройти найбільш вразливі ранні фази розвитку без пригнічення, що мінімізує втрати зерна та зеленої маси.

Для ефективного контролю дикої рослинності (особливо дикорослих бобових бур'янів, які є резерваторами горохової нематоди) потрібна комбінація механічних, хімічних та біологічних методів. Лущення стерні слід проводити відразу після збирання попередника. Це стимулює проростання насіння бур'янів, які потім знищують глибокою оранкою (метод «виснаження»).

Допосівна культивація ґрунту знищує першу хвилю ранніх бур'янів безпосередньо перед посівом гороху. Досходове та післясходове боронування знищує бур'яни у фазі білої ниточки, коли вони найбільш вразливі, не пошкоджуючи при цьому глибоко загорнуте насіння гороху.

Регулярно скошування дикої трави на узбіччях доріг, межах полів та лісосмугах до початку їхнього цвітіння, запобігає дозріванню та рознесенню насіння, яке в майбутньому слугуватиме потенційними джерелами виживання нематод.

Ґрунтові (досходові) гербіциди на основі *прометрину*, *S-метолахлору* або *кломазону* відразу після посіву створює екран, який стримує ріст дикорослих бобових та злакових бур'янів на початкових етапах.

Післясходові гербіциди у фазі 2–5 справжніх листків гороху препаратами на основі *бентазону* (ефективний проти широкого спектра дводольних бур'янів) або *імазамоксу* (контролює як дводольні, так і злакові види).

Застосування гліфосатів по вегетуючих бур'янах після збирання попередника допомагає очистити поле від багаторічних диких рослин із глибокою кореневою системою.

Вирощування проміжних культур з коротким термінами вегетації (наприклад, гірчиці або редьки олійної) після збирання основної культури пригнічує ріст дикої рослинності та оздоровлює ґрунт завдяки виділенню фітонцидів [19].

На невеликих ділянках або городах міжряддя доцільно мульчувати соломою, скошеною травою або агроволокном, що блокує доступ світла до насіння бур'янів. Для запобігання розселення цист необхідно ретельно мити та дезінфікувати плуги, культиватори та колеса тракторів після роботи на заражених ділянках, щоб не перенести цисти на чисті поля разом із залишками землі.

Для підвищення витривалості рослин до ураження гороховою нематодою слід вносити підвищені дози фосфорно-калійних добрив та мікроелементів. Разом з тим, лише комплексне використання різних протинематодних заходів дозволить ефективно контролювати щільність популяції горохової нематоди на низькому рівні, а відповідно і запобігати втратам урожаю.

Із добрив найбільше потребує фосфору та калію по 40-60 кг/га які вносять під оранку.

Стартова доза азоту (20–30 кг/га) потрібна лише на бідних ґрунтах; основний азот рослина має отримати через симбіоз із бактеріями.

Підготовка насіння включає проведення інокуляції - обробка насіння препаратами бульбочкових бактерій (*Rhizobium leguminosarum*) для забезпечення фіксації азоту з повітр [23].

Горох сіють у перші дні польових робіт (кінець березня — початок квітня), коли ґрунт прогрівся до +2-3 °С. На суглинках Літинщини оптимальна глибина 4-6 см. Якщо верхній шар пересох до 8 см.

Норма висіву в межах 0,8–1,1 млн схожих насінин на гектар (залежно від сорту та маси 1000 насінин).

Оскільки горох дуже страждає від бур'янів на початкових етапах доцільно використання досходових (грунтових) гербіцидів.

Обов'язковою умовою отримання високих урожаїв є надійний захист від шкідників і хвороб, в т.ч. і нематод. Обробка інсектицидами в період бутонізації та на початку цвітіння є обов'язковою.

Так, як сучасні сорти переважно «вусатого» типу (безлисточкові) переплітаються між собою і менше вилягають, це дає змогу для збирання врожаю проводити пряме комбайнування при вологості зерна 16–18%. Більшість господарств в районі вирощували такі сорти:

Мадонна - один із найпопулярніших німецьких сортів (селекція NPZ Lembke). Цінується за стабільність, легкість у збиранні (не вилягає) та високу якість зерна.

Оркестра та Остінато - сорти німецької селекції (Saaten Union), які стали лідерами за врожайністю на Вінниччині у 2025 році завдяки потужному весняному розвитку та високому вмісту протеїну (до 27%).

Симбіоз - новинка 2024–2025 років, яка швидко завоювала популярність завдяки стійкості до розтріскування бобів.

Саламанка - стабільно показує високі результати в умовах помірного зволоження Лісостепу.

2. МІСЦЕ, УМОВИ ТА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Ґрунтово-кліматичні умови

ФГ «Агросвіт» знаходиться в Вінницькому районі Вінницької області. Район розташований у лісостеповій зоні в межах Західно-Придніпровської височини.

Клімат регіону м'який, але нестійкою зимою та теплим літом, для якого характерні періодичні помірні посухи.

Середня температура січня коливається від -5 до -8 $^{\circ}\text{C}$, а середня температура липня становить $+18-20$ $^{\circ}\text{C}$. Річна кількість опадів здебільшого в межах 440–590 мм, при цьому максимум випадає у травні -липні (близько 130-170 мм).

Вегетаційний період триває близько 200 днів, що є сприятливим для ведення сільського господарства та вирощування більшості сільськогосподарських культур [2, 8, 12].

Ґрунти району сформувалися під впливом лісової рослинності та помірного зволоження, що призвело до домінування процесів опідзолення. При цьому близько 80% площі займають опідзолені ґрунти. Серед них зустрічаються сірі лісові, темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені. Також присутні локально поширені торф'яно-підзолисті, чорноземи, лучні та болотні ґрунти. Ґрунти мають середній вміст гумусу та потребують систематичного внесення добрив для підтримки високої родючості [5].

Разом з тим, опідзолені ґрунти господарства (сірі лісові, темно-сірі та опідзолені чорноземи) мають задовільний та добрий потенціал для вирощування бобових культур [5].

Кліматичні умови у 2025 році відзначалися температурними коливаннями та нерівномірним розподілом опадів, що є типовим для сучасних кліматичних змін у Лісостепу України.

Рік в цілому виявився аномально теплим, із середньорічною температурою, що перевищувала багаторічні показники. Зима переважно була

м'якою, проте з різкими короткочасними похолоданнями. Найнижча температура року була відмічена в кінці лютого.

Літо характеризувалося тривалими періодами спеки. Пік температур припав на 7 липня, коли стовпчики термометрів піднялися до рекордної позначки $+37,4^{\circ}\text{C}$. У липні та серпні спостерігалися «хвилі тепла», що негативно впливало на вегетацію пізніх культур.

Осінь була теплою довше ніж зазвичай. Зокрема, на початку листопада денні температури були в межах $+7...+12^{\circ}\text{C}$.

Розподіл вологи був нерівномірним, що створювало певні труднощі для аграріїв. У другій декаді квітня спостерігався дефіцит опадів (до 50% від норми). Проте травень виявився найбільш дощовим днем року. Червень був посушливим (менше 20% норми опадів), а серпень відзначився високим рівнем пожежної небезпеки через поєднання тривалої спеки та відсутності дощів.

Раннє весняне потепління в 2025 році дозволило почати посівну кампанію раніше, проте травневі заморозки (до -3°C на ґрунті) створювали ризики для сходів особливо теплолюбних культур. Підсумовуючи та порівнюючи кліматичні показники 2025 року із середніми багаторічними даними відмічаємо чітку тенденцію до посушливості та зміщення температури до підвищення [8].

Середньорічна температура у 2025 році склала близько $+10,5...+11,0^{\circ}\text{C}$, тоді як багаторічна норма для регіону становить $+7,5...+8,2^{\circ}\text{C}$. Тобто рік був теплішим на майже 3 градуси. Кількість днів із температурою понад $+30^{\circ}\text{C}$ у 2025 році перевищила норму в 1,5 рази. Це призвело до швидкого випаровування вологи та «температурного стресу» у бобових під час цвітіння.

Безморозний період збільшився до 185-195 днів, що на 15-20 днів довше, ніж у середньому за останні 30 років [1, 2].

У 2025 році опадів випало близько 480–520 мм, що сумарно наближено до багаторічної норми (440–590 мм). Проте ефективність цих опадів була низькою. Замість рівномірних дощів переважали зливові опади. Зокрема, травнева злива (41 мм за добу) склала майже місячну норму. Відсутність дощів у червні (період бутонізації гороху) та в серпні став головним обмежуючим фактором урожайності ряду сільськогосподарських культур [8].

Такі кліматичні умови зумовили раннє прогрівання ґрунту, а відповідно змістили терміни сівби на 10-14 днів. Це дозволило гороху краще використати зимову вологу, але підвищувало ризик потрапляння під весняні заморозки.

Терміни збирання врожаю також змістилися на більш ранні строки. В майбутньому такі метеоумови, навіть за вологої весни, в літні жаркі і посушливі місяці можуть зумовлювати тенденцію до збільшення пустоцвітності, а теплі зими кращій перезимівлі фітонематод та інших шкідливих організмів [22].

Горох вважається культурою високородючих земель і добре адаптований до умов регіону. Сірі лісові ґрунти є одними з найкращих для отримання високих урожаїв. Культура дуже вимоглива до вологи, особливо в період бутонізації та цвітіння. Найкраще горох сіяти після озимих зернових, кукурудзи, картоплі чи цукрового буряку [5].

Інші бобові культури: нут більш посухостійкий, ніж горох, і може бути альтернативою на ділянках з дефіцитом вологи.

Кормові боби добре ростуть на сірих лісових ґрунтах, але гостро реагують на дефіцит сірки, якої в ґрунтах Лісостепу часто бракує.

Люцерна і конюшина збагачують ґрунт азотом і є відмінними компонентами сівозміни для відновлення родючості. Оскільки опідзолені ґрунти Літинщини схильні до підкислення, перед посівом бобових критично важливо перевірити показник рН. Зважаючи, що в Вінницькій області збереглося багато цукрових заводів використання дефекату є ефективним способом розкислення таких земель.

2.2 Методики проведення досліджень

Моніторинг агроценозів бобових культур на заселеність фітонематодами проводили за загальноприйнятими методиками. Червоподібних нематод із ґрунту виділяли лійковим методом Бермана. Для аналізу від середнього зразку, безпосередньо відібраного ґрунту, брали наважку (доцільніше 20 г) ґрунту, який поміщали на ватяний фільтр, розміщений на ситах. Сита поміщали у лійки діаметром 10-15 см, які обережно (з боку від сита) заповнювали водою до поступового покриття шару ґрунту. Виділення нематод здійснювали впродовж 48-72 годин [4, 19].

Метод промивання ґрунту передбачає використання для аналізу 10-25 см³ ґрунту, який висипають у склянку ємністю 500 мл і заливають водою до половини склянки. Після збовтування суспензії зливають на набір ґрунтових сит, доповнивши його 1-2 ситами з діаметром комірок 40-80 мк. Нематоди переважно накопичуються на дрібно комірчастих ситах.

Для виділення нематод методом фільтрування використовують чашки з плоским дном, в які поміщають сита з ватяним фільтром. Зразки ґрунту розподіляють тонким шаром на фільтрах, а потім ємності обережно по стінці заповнюють водою до його покриття близько 5 мм. Через 24-72 години (залежно від мети досліджень) сито виймають з екстракційної чашки, а суспензію зливають у ємність для наступного нематологічного аналізу.

Ураженість рослин, % і середній бал ураження розраховували за загальноприйнятими формулами:

$$P = \frac{100 \cdot n}{N},$$

де P – ураженість рослин, %;

n – кількість уражених рослин в обліку, шт.;

N – загальна кількість облікових рослин, шт.

Середній бал ураження розраховували:

$$B = \frac{\sum n \cdot b}{N},$$

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:

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

де U_p – ураженість рослин, %;

M – середня площа осередків, m^2 ;

n – кількість осередків, шт.;

P – площа облікової ділянки, m^2 .

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.

Методика польового візуального моніторингу спрямована на виявлення молодих самок на корінні гороху у фазу цвітіння - початку формування бобів (ВВСН 60–75). Саме в цей період самки досягають максимального розміру (близько 0,5-1 мм), розривають епідерміс кореня та виходять назовні, стаючи візуально помітними.

Етапи проведення моніторингу: під час вегетації рослин звертали увагу на осередки пригнічених чи локально загиблих рослин. пліщини, куртини), де рослини відстають у рості, мають блідо-зелений або жовтуватий колір, а нижні листки починають передчасно засихати. Такі уражені рослини обережно викопували. Просто висмикувати горох руками з землі не можна, оскільки дрібні

бічні корінці обриваються, а разом з ними у ґрунті залишаються і самки нематод. Штиковою лопатою підкопували пригнічені рослини на глибину разом із земляною грудкою. Для точної діагностики використовували метод відмивання. Для цього рослини із залишками землі поміщали у відро з чистою водою і плавними коливальними рухами змивали ґрунт.

Огляд відмитих коренів здійснювали безпосередньо в полі, використовуючи ручну лупу зі збільшенням 10х-20х. Уважно оглядали тонкі бічні корінці першого та другого порядків, а також зони безпосередньо біля азотфіксуючих бульбочок. За наявності самок на коренях діагностували лимоноподібні утворення молочно-білого, кремового або світло-жовтого кольору [4, 26].

Наявність самиць на коренях засвідчувало, що на даному полі є осередки горохової цистоутворюючої нематоди. Основними діагностичними відмінностями між азотфіксуючими бульбочками і самицями нематод є наступні: *Азотфіксуючі бульбочки* значно більші (2-5 мм), мають видовжену, бульбоподібну або розгалужену форму, рожеві або сірі на зрізі та є анатомічною частиною кореня. *Самки нематод* мають правильну кулясту форму, розмір до 1 мм (як макове зернятко) і прикріплені до кореня лише передньою частиною тіла (головним кінцем).

Оскільки балова шкала ураження бобових культур не розроблялася для оцінювання ступеня ураження використовували наступні критерії: *низький рівень ураження* - поодинокі білі самки (1–5 шт.) на кореневій системі однієї рослини - шкода врожаю мінімальна; *високий рівень ураження*: десятки самок на одній рослині, кореневі бульбочки майже відсутні або повністю зруйновані. Втрати врожаю значні, локально проявляються пліщини.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Особливості просторового поширення горохової нематоди та вертикального розподілу цист у різних типах ґрунту

Горохова цистоутворююча нематода (*Heterodera goettingiana*) поширюється в посівах бобових культур вогнищами, формуючи виражену нерівномірність у просторі. Через обмежену власну рухливість паразита, його просторова структура повністю залежить від рельєфу, типу ґрунту та агротехніки.

Нами встановлену значну строкатість її поширення по площі. На початкових етапах інвазії в посівах утворюються чіткі локальні «прогалини») з пригніченими, блідо-зеленими та пожовтілими рослинами.

Основна маса личинок і цист згідно досліджень була зосереджена у верхньому родючому шарі ґрунту на глибині 10-30 см, де локалізована основна коренева система гороху та інших бобових культур. При цьому просторове розширення вогнищ здебільшого відбувалося у напрямку обробітку поля. Сільськогосподарська техніка (плуги, культиватори, сівалки) розселяли цисти з ґрунтом в напрямку переважаючого руху сільськогосподарської техніки.

Найбільша щільність популяції відзначалася в низинах, мікрозападинах та на ділянках з підвищеною вологістю ґрунту. Вважаємо, що вода (зливові опади та талі води) активно змивають і переносить цисти зі схилів до нижніх точок рельєфу.

При цьому вогнища швидше поширюються на помірно легких, супіщаних та суглинкових ґрунтах з доброю аерацією, де міграція личинок другого віку до коріння є найменш обмеженою. За беззмінного вирощування бобових слід очікувати розширення площі існуючих осередків, з різною інтенсивністю їх заселення.

Поза періодом вегетації культурних рослин просторова структура підтримується за рахунок дикорослих бобових бур'янів (зокрема вики мишачої), які слугують природними резерватами виживання паразита особливо в крайових смугах полів.

Незалежно від типу ґрунту, життєвий цикл нематоди тісно пов'язаний із зоною найбільшої концентрації тонких бічних корінців гороху, на яких утворюються бульбочки. Основна зона локалізації: 80-90% усіх цист зосереджені у шарі 10-30 см. Шар 0-5 см містив мінімальну кількість цист (поодинокі цисти). Через пересихання, різкі коливання температури та сонячну інсоляцію личинки в цистах швидко гинуть, або самі цисти механічно руйнуються. Встановлено також, що на глибині понад 40 см чисельність нематоди суттєво зменшується через відсутність достатньої кількості дрібних корневих волосків для свого розвитку.

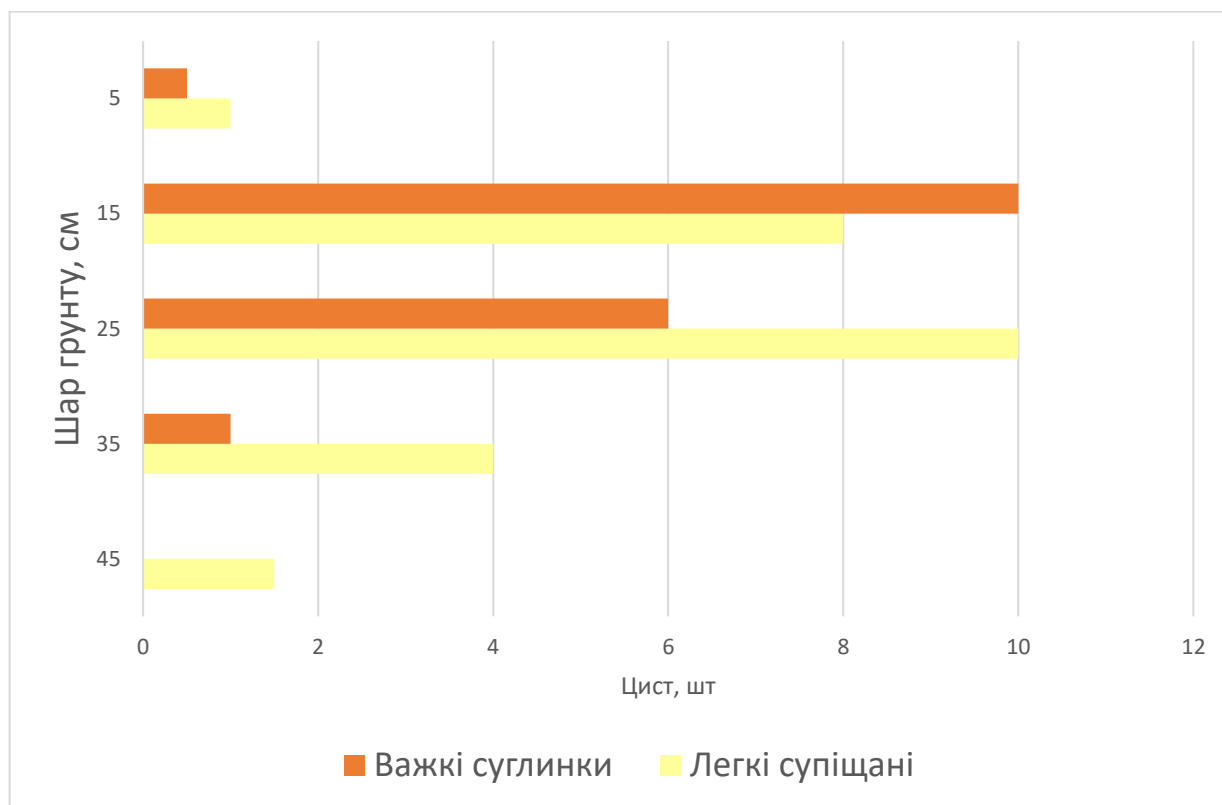
Таблиця 1

Вертикальний розподіл цист горохової нематоди в малогумусному чорноземі при вирощуванні різних рослин-живителів (ФГ «Агросвіт» Вінницького р-ну Вінницької області, 2025 р.)

Шар ґрунту, см	Кількість цист у 100 см ³ ґрунту			
	Горох посівний		Кормові боби	
	Екз.	%	Екз.	%
0-10	4,1	15,2	5,2	17,9
11-20	16,8	62,3	12,9	44,5
21-30	5,3	19,6	8,3	28,7
31-40	0,8	2,9	2,6	8,9
41-50	0	0	0	0

Механічний склад, щільність та водно-повітряний режим ґрунту суттєво впливають глибину проникнення паразита (табл.2).

**Вертикальний розподіл цист горохової нематоди в різних типах ґрунту
(ФГ «Агросвіт» Вінницького р-ну Вінницької області, 2025 р.)**



Оскільки легкі (піщані та супіщані) ґрунти мають високу пористість і швидку фільтрацію води це дозволяє личинкам другого віку активно мігрувати на більшу глибину. Пік концентрації цист в таких ґрунтах зміщений глибше, зокрема у прошарок ґрунту 15–35 см.

Поодинокі цисти та живі личинки виявляли на глибині до 50 см, куди їх вимиває з нисхідними потоками вологи під час злив, або куди проникає стрижневий корінь гороху.

У важких (глинисті та важкосуглинкові) ґрунти висока щільність, низька аерація та ризик застою води обмежують рухливість нематоди.

Розподіл цист понад 80% популяції знаходиться у горизонті ґрунту 10-25 см. Нижче 40 см, вважаємо, що через дефіцит кисню цисти практично не зустрічаються. Родючі чорноземи з доброю структурою займають проміжне положення. Однак навіть в них основна маса цист концентрується здебільшого в межах гумусового горизонту (10-30 см).

Відмічено деяку тенденцію до локалізації цист залежно від вирощування певних рослин-живителів родини бобових. Встановлено, що основна маса кореневої системи гороху знаходиться в орному найбільш родючому шарі ґрунту до 30 см, тоді як вторинна коренева система кормових бобів проникає дещо глибше до 40 см. Тому і накопичення цист після вирощування кормових бобів в деякій мірі відбувається і в горизонті 31-40 см. Разом з тим, зберігаються загальні закономірності масового накопичення популяції горохової нематоди переважно і в прошарках ґрунту до 30 см на всіх типах ґрунтів. При цьому найбільш заселеним є саме горизонт ґрунту від 10 до 20 см.

Весняна вертикальна міграція личинок другого віку горохової нематоди є критичним етапом її життєвого циклу. Вона повністю підпорядкована гідротермічному режиму ґрунту та наявності корневих виділень (ексудатів) рослин-живителів. Личинки другого, на відміну від інших фаз (за виключенням також самців), здатні самотійно переміщатися в капілярах ґрунту, реагуючи на температурні градієнти (табл.3).

Таблиця 3

**Вплив температури ґрунту на міграційну здатність інвазійних личинок
(ФГ «Агросвіт» Вінницького р-ну Вінницької області, 2025 р.)**

Температура ґрунту, °С	Фізіологічний стан личинок	Напрямок та характер міграції
< +4...+5	Анабіоз	Рух відсутній; перебування на глибині 15–30 см
+8...+12	Активація та вихід з анабіозу	Хаотичний рух, термотаксис у напрямку тепліших шарів ґрунту
+15...+18	Масовий вихід та інвазія рослин	Цілеспрямована міграція до кореневої системи; основна зона активності 5–20 см
> +25	Теплове пригнічення	Припинення активного руху, міграція у глибші горизонти ґрунту або загибель

Процес активації та вертикального руху личинок навесні проходить три чіткі температурні фази: за температури ґрунту нижче +4...+5 °С личинки перебувають у стані анабіозу всередині цист. Рух повністю відсутній. Цисти залишаються на тій глибині, де перезимували (переважно 15-30 см).

Стабільне прогрівання ґрунту на глибині 10-20 см до +8 °С згідно наших досліджень активувало процес відродження личинок (вихід з цист). Інтенсивність їх виплоджування різко зростала, якщо в ґрунті виділялися кореневі виділення проростаючого гороху. Оскільки навесні верхні шари ґрунту (0-10 см) прогрівалися швидше, личинки починали активно мігрувати у тепліший поверхневий шар.

Оптимальна температура для життєдіяльності горохової нематоди була в межах +15...+18 °С. На цей період зазвичай припадала фаза 2-4 справжніх листків у гороху. Личинки накопичувалися у шарі 5–20 см, де розташована основна зона корневих волосків та молодих бульбочок.

Головною умовою активної міграції була вологість ґрунту. Личинки можуть рухатися лише у плівковій волозі. Встановлено, що за посушливих умов, коли верхній шар пересихає, личинки зупиняють рух і впадають в анабіоз. За оптимізації умов зволоження, зокрема після випадіння опадів, рух личинок відновлювався.

Розуміння температурних меж міграції дозволяє визначити оптимальні терміни проведення та специфіку захисних дій. Зокрема рання сівба гороху (в ґрунт до +5 °С) дає можливість культурі сформувати первинну кореневу систему до моменту масового виходу личинок із цист, а відповідно проявляти вищу витривалість рослинам гороху в подальший період органогенезу.

Проведення різних агротехнічних обробітків ґрунту здатне перерозподіляти цисти по профілю, що необхідно враховувати при розрахунку глибини відбору проб. Так, традиційна оранка з обертанням скиби зумовлює відносно рівномірне перемішування цист у всьому орному шарі. Часто призводить до переміщення основної маси цист у глибші горизонти, і тим самим знизити рівень інвазованості рослин на фазі сходів.

Мінімальний обробіток (No-Till) призводить до значної концентрації цист у верхній частині профілю до 15 см. За відсутності механічного перевертання ґрунту паразит накопичується там, де щороку розвивається первинна коренева система сходів бобових.

Весняна вертикальна міграція личинок другого віку горохової нематоди є найбільш критичним етапом її життєвого циклу. Вона повністю підпорядкована гідротермічному режиму ґрунту та наявності корневих виділень (ексудатів) рослин-живителів.

За аномально теплої і ранньої весни стрімке прогрівання ґрунту до +12-15 °С у квітні створює критичні умови для культури. Насіння гороху проростає швидко, але його коренева система залишається слабо розвиненою. Одночасно відбувається інтенсивний вихід інвазійних личинок із цист, які масово заселяють сходи гороху. Раннє тепло часто супроводжується дефіцитом продуктивної вологи у верхньому шарі ґрунту. Рослина страждає від подвійного стресу: пошкодження корені нематодою погіршують поглинання води, а посуха посилює в'янення і навіть загибель уражених рослин особливо за тривалих періодів відсутності опадів.

Личинки масово заселяють зони формування майбутніх бульбочок *Rhizobium*, що блокує фіксацію азоту на ранніх етапах. За таких умов вогнища ураження (пліщини) проявляються на полі значно раніше у фазі 2-3 листків.

За затяжної прохолодної та вологої весни сходи з'являються до масового відродження личинок із цист. За цей час коренева система встигає проникнути в глибші горизонти, що зумовлює вищу витривалість рослин до фітопаразита. При прогріванні ґрунту до +10-12 °С, коли личинки починають виходити із цист, горох уже встигає сформувати глибокий стрижневий корінь та розгалужену систему бічних коренів.

Рослини стають витривалішими та легше переносять інвазію порівняно з високим рівнем заселення проростків (табл. 4).

Вважають, що горохова цистоутворююча нематода (*Heterodera goettingiana*) є моновольтинним видом (завершує одне покоління за сезон) у країнах із помірним або прохолодним кліматом [19]. Проте зміна клімату останніх років та ранній початок весни безпосередньо впливають на суму ефективних температур (СЕТ), що може забезпечити часткове або повне завершення другої генерації фітопаразита до часу збирання врожаю бобових.

Для повного розвитку одного покоління від личинки інвазійної другого віку до формування цисти гороховій нематоді потрібна сума ефективних температур в межах 400-450 °C (вище порогу розвитку, який становить 10-12 °C).

Таблиця 4

Порівняльний вплив метеоумов на інвазованість рослин та шкідливість горохової нематоди

Показники	Аномально тепла / суха весна	Затяжна / холодна / волога весна
Синхронність виходу личинок	Масовий інтенсивний вихід	Повільний, розтягнутий впродовж 4-6 тижнів
Стан рослини	Сходи (слабкий розвиток коренів)	Сформована коренева система
Рівень шкідливості	Знижується (<10 цист/100 см ³ ґрунту)	Підвищується (понад >20 цист)
Розвиток азотфіксації	Повністю блокується	Сповільнюється, але відновлюється

За ранньої теплої весни 2025 року масовий вихід личинок відбувався вже на початку квітня. До середини або кінця травня паразит повністю завершує цикл. Самки перетворюються на білі цисти, а згодом - на новоутворені коричневі цисти (рис.1).

За високих температур (понад 20 °C) частина личинок другого віку у щойно сформованих молодих цистах не впадали в діапаузу. Личинки виплоджувалися та повторно інвазували корені того самого гороху або супутніх бобових бур'янів. Це відбувалося в середині червня червня.

До моменту технічної чи біологічної стиглості гороху (серпень) друга генерація встигає частково пройти всі фази розвитку всередині коренів. Навіть якщо молоді самки другого покоління не встигали стати коричневими цистами, вони частково формували цисти, однак з меншою кількістю відкладених яєць. Це

забезпечує вищу чисельність популяції порівняно з умовами, коли розвиток нематоди відбувався лише в одному поколінні (табл.5).

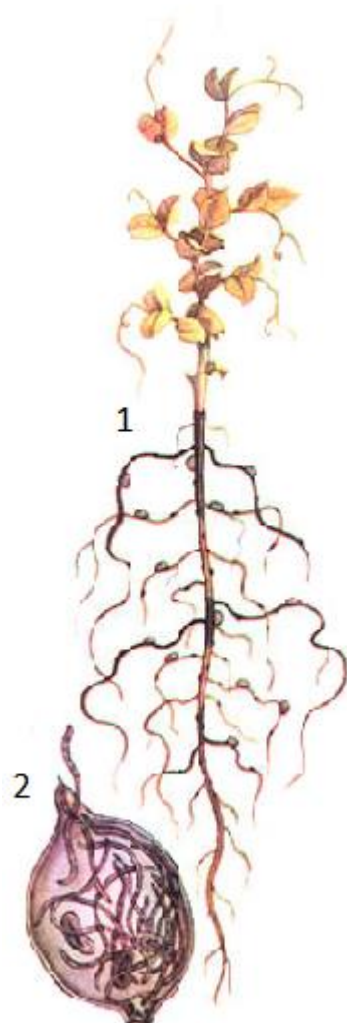


Рис.1. Горохова цистоутворююча нематода (1 – самиці на коренях; 2 – циста)

Порівняльна таблиця розвитку другого покоління горохової нематоди

Параметри	Аномально тепла / рання весна	Затяжна / холодна весна
Дата завершення 1-ї генерації	Кінець травня	Середина червня - початок липня
Ризик повторного виходу личинок	Високий (до 30-40% популяції)	Вкрай низький (< 5%)
Стан культури під час інвазії 2-ї генерації	Фаза цвітіння - формування бобів	Фаза дозрівання (відмирання коренів)
Потенційний розвиток другої генерації	Завершує факультативно	Не завершує (інколи поодинокі особини)

3.2 Культурні і сегетальні рослини-живителі горохової нематоди

Уточнення видового складу потенційних рослин-живителів важливо першочергово з практичної точки зору, оскільки дає змогу оптимізувати сівозміни таким чином, щоб запобігати повтроних посівів споріднених культур, здатних сприяти масовому розмноженню горохової нематоди.

Згідно наших досліджень в період масового формування самиць на коренях максимальна кількість їх була на горосі (*Pisum sativum*) – посівному та овочевому. Незважаючи на потужну кореневу систему дещо менше цист виявляли в середньому на кормових бобах. Висока інвазованість сочевиці харчової також засвідчує її добру придатність в якості рослини-живителя. Такі культури, як чина посівна та чина запашна, а також вика посівна і вика волохата незважаючи на дещо менший рівень їх інвазування, потенційно можуть сприяти накопиченню популяції горохової нематоди, оскільки останні культури часто вирощують у сумішах сидератів. В разі запізнення зі строками збирання урожаю на зелений корм, горохова нематода потенційно може завершувати повний цикл розвитку, а відповідно і сприяти накопиченню фітопаразита.

Варто також відзначити, що при вирощуванні в осередках поширення на коренях конюшини, люцерни, люпину білі самиці в період масового завершення першої генерації на горосі не були виявлені. Тому, такі культури можна вирощувати в осередках поширення даного фітопаразита.

Дослідження потенційної придатності для розмноження сегетальної рослинності дало змогу встановити, що лише в окремих випадках самиць виявляли на таких бурянах як вика мишача (*Vicia cracca*), вика чотиринасінна (*Vicia tetrasperma*) та вика волосиста (*Vicia hirsuta* чина лучна (*Lathyrus pratensis*, а також на диких формах горошку посівного. Отже, за відсутності культурних-рослин живителів фітопаразит здатен завершити повний цикл розвитку також на бобових бурянах, однак потенціал розмноження на сегетальній рослинності є набагато меншим порівняно із традиційними культурними рослинами-живителями.

Разом з тим, на полях, де тривалий час не вирощували горох, перші плями ураження (куртини) з'являються саме в місцях тривалого росту дикої вики або чини. Якщо в сівозміні після гороху йде пшениця, але поле було сильно засмічене викою мишачою, істотного очищення ґрунту від нематоди не відбувалося. Тому, досягнення високої протинематодної ефективності сівозмін можливо лише за умови контролювання також і сегетальної бобової рослинності.

3.3 Фенологія горохової нематоди

Фенологія горохової нематоди (*Heterodera goettingiana*) тісно синхронізована з етапами вегетації та онтогенезу гороху. Розвиток фітопаразита відбувається паралельно з ростом культури, оскільки кореневі виділення гороху слугують головним біохімічним стимулятором для активації виходу личинок із цист, що перебувають в стані анабіозу.

Окрім гороху посівного, високий ступінь сприйнятливості до горохової цистоутворювальної нематоди (*Heterodera goettingiana*) та здатність забезпечувати її масове розмноження мають такі культурні бобові рослини: кормові (кінські) боби (*Vicia faba*) є одним із найбільш сприятливих рослин-живителів оскільки мають потужну кореневу систему, що забезпечує формування значної кількості нових цист. Хоча самі боби є більш толерантними до інвазії, ніж горох (візуальні ознаки пригнічення надземної маси проявляються пізніше), однак після їх вирощування накопичуються багаточисельні популяції.

Сочевиця харчова (*Lens culinaris*) також досить сприятлива культура з низьким порогом стійкості. Паразит легко завершує на ній свій повний цикл розвитку. Уражена коренева система сочевиці зазнає незворотніх змін, що призводить до різкого зниження врожайності.

Вика посівна (*Vicia sativa*) та Вика волохата (озима) (*Vicia villosa*) є також досить сприйнятливими культурами. Розрахунок ризиків щодо вики є особливо важливим, оскільки її часто використовують як сидеральну культуру або в сумішах для зеленого конвеєру. Неконтрольоване вирощування вики як сидерату на заражених полях може призвести до зростання популяції нематоди.

Чина посівна (*Lathyrus sativus*) та інші культурні види чини є також добрими рослинами-живителями. Біологічний цикл нематоди на чині відбувається, як і на інших рослинах-живителях, зумовлюючи масове завершення самок, а відповідно і накопичення популяції.

Разом з тим, такі бобові культури як соя, квасоля, люпин, нут та люцерна не є живителями горохової нематоди. Їхні кореневі виділення або зовсім не

стимулюють вихід личинок із цист, або личинки, що проникли в корінь, гинуть, не завершивши розвиток.

Горох	Квітень			Травень			Червень			Липень			Серпень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
		☞☞	☞☞	☞☞	☞☞	☞☞									
				☞☞☞	☞☞☞	☞☞☞	☞☞☞								
					☞☞☞☞	☞☞☞☞	☞☞☞☞	☞☞☞☞							
						♀	♀	♀	♀						
						♂	♂	♂	♂						
								⊕	⊕	⊕					
									☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞

Падалиця гороху	Квітень			Травень			Червень			Липень			Серпень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞
									☞☞	☞☞	☞☞				
										☞☞☞	☞☞☞	☞☞☞			
											☞☞☞☞	☞☞☞☞	☞☞☞☞		
												♀	♀	♀	
												♂	♂	♂	
													⊕	⊕	⊕
														☞	☞

Рис. 2 . Фенологія горохової нематоди нематоди на горосі посівному сорту «Оплот» (ФГ «Агросвіт» Вінницького р-ну Вінницької області, 2025 р.)

☞ - циста, ☞☞ - личинка L₂, ☞☞☞ - личинка L₃, ☞☞☞☞ - личинка L₄,
♀ - самиця (без яєць), ⊕ - яйцекладна самиця, ♂ - самець, ☞☞☞, (♀), (♂) - поодинокі особини

Весна та літо 2025 року у Вінницькому районі Вінницької області відзначилися контрастними погодними умовами - від прохолодних періодів до літньої аномальної спеки. Зокрема, в березні - квітні сереньодобові температури перевищували багаторічну кліматичну норму на 3-4 °С, що дозволило рано розпочати сівбу ярих бобових культур. Друга декада травня принесла різке похолодання. Денні температури у регіоні знижувались до +9...+12 °С. Разом з тим, травень виявився досить дощовим. Загалом за місяць у регіоні випало від 114% до 294% місячної норми вологи. Кінець травня відзначався різким потеплінням, коли наприкінці третьої декади температура коливалася від +25...+31 °С.

Червень також виявився дещо теплішим за багаторічні температурні показники на 1,5-2 °С. Липень був найспекотнішим місяцем сезону. Серпень продовжив тенденцію аномально теплого літа за значного дефіциту опадів та повітряної посухи. Такий гідротермічний режим суттєво вплинув на темпи розвитку сільськогосподарських культур та активність ґрунтових фітофагів.

При висіву насіння 21 березня за температури 5-6°C личинки нематод перебували у стані спокою. Поява проростків на поверхні, формування перших 2-3 справжніх листків на початку квітня активувала вихід личинок із цист за температур вище 8°C. Вони мігрували у ґрунтових капілярах, знаходили дрібні корінці гороху, проколювали клітинні стінки стилетом і проникали в корені всім тілом (ендопаразити) (рис 2).

Дещо помігрувавши в середині коренів личинки втрачали рухливість, ставали потовщеними та проходили послідовно кілька ліньок. В місцях їх живлення вони формували навколо себе спеціальні зони живлення - синцитії, що ускладнювали надходження води до надземної частини рослин. Наприкінці фази бутонізації відбувався статевий диференціальний поділ: личинки з яких утворилися самці ставали червоподібними, залишали корені і мігрували у ґрунт. Тоді, як самки залишалися прикріпленими до корінців, набуваючи кулясто-лимоноподібної форми, розривали епідерміс кореня, і в цей час ставали помітними візуально, навіть без наявності оптичних приладів, оскільки їх розміри були близько 1 мм. Цей період здебільшого співпадає з масовим

цвітінням рослин гороху. За сильного ураження саме в цей час візуально проявляються ознаки ураження рослин, які локально жовтіють і засихають куртинами, що і доцільно використовувати при проведенні масових обстежень бобових на ураженість гетеродерозом (табл. 6).

Таблиця 6

Візуальні ознаки ураження гороху посівного сорту «Оплот» (ФГ «Агросвіт» Вінницького р-ну Вінницької області, 2025 р.)

Фаза гороху	Онтогенез горохової нематоди	Локалізація	Візуальні ознаки ураження
Сходи	Вихід личинок 2-го віку	У ґрунті та на кінчиках коренів	На надземній частині ознаки ураження відсутні
Стеблування	Личинки 3-4 віку, початок формування самиць	Всередині та на поверхні коренів	Затримка росту та розвитку, слабке пожовтіння
Цвітіння	Білі/жовті самиці	Самиці на коренях, самці в ґрунті	Осередки різної інтенсивності ураження, локально загибель рослин
Дозрівання	Світло-коричневі цисти	Осипання цист в орний шар ґрунту	Повна загибель сильно уражених рослин, формування плішин

Самці після запліднення самок, через деякий час гинули. Запліднена самка також гине, формуючи стійку до зовнішніх факторів захисну оболонку цисту. Тіло самки повністю заповнюється яйцями (переважно в межах 100-300 штук). Самка з часом змінювала колір з білого на лимонно-жовтий, а пізніше і на світло-коричневий та темно-коричневий. Нові цисти відпадали від відмерлих коренів і залишалися у ґрунті. Личинки в них на стадії 2-го віку за відсутності

сприятливих умов для подальшого розвитку перебували в анабіозі, який може тривати впродовж декількох років.

Згідно наших досліджень, для повного циклу розвитку горохової нематоди (*Heterodera goettingiana*) від проникнення інвазійної личинки другого віку в корінь до формування нової коричневої цисти була необхідна сума ефективних температур (СЕТ) у межах 421–454 °С (табл.7).

1. СЕТ = 145-193 °С: від початку масового виходу личинок із цист та активного проникнення в кореневу систему гороху (фаза сходів культури).
2. СЕТ = 282-348 °С: Масова поява на корінні нерухомих молодих самок білого кольору (фаза бутонізації - цвітіння).
3. СЕТ = 421-454 °С: Завершення циклу. Самки відмирають, їхня оболонка темніє і перетворюється на стійку коричневу цисту, заповнену новими яйцями.

Таблиця 7

**Тривалість розвитку та сума ефективних температур розвитку горохової нематоди на горосі посівному сорту «Оплот»
(ФГ «Агросвіт» Вінницького р-ну Вінницької області, 2025 р.)**

Культура	Генерації	Сума ефективних температур, >10°C	Середньодобова температура, °C	Тривалість розвитку, днів
Горох + падалиця гороху	1	454,3	17,1	64
	2	421,4	19,8	43

Календарні дати розвитку першого покоління нематоди в умовах 2025 року були наступними: 12 квітня - 10 травня 2025 року. Через теплу погоду у другій половині квітня ґрунт на глибині 10–20 см швидко прогрівся до $+8^{\circ}\text{C}$. Це спровокувало масовий вихід личинок із цист. Вони активно мігрували та проникали в коріння сходів гороху.

Календарні дати: 11 травня - 27 травня 2025 року. Цей етап збігся з потужним травневим похолоданням та проливними дощами. Низькі температури ґрунту загальмували метаболізм паразита. Личинки всередині кореня практично зупинилися в рості, а тривалість стадії личинок третього віку (линяння та втрата рухливості) розтягнулася майже на дві з половиною тижні.

Календарні дати: 28 травня - 5 червня 2025 року (розвиток личинок четвертого віку - статева диференціація). Наприкінці травня відбулося різке підвищення температури повітря в окремі дні понад 30°C , що призвело до швидкого прогрівання ґрунту. За таких умов прискорився розвиток нематод. Личинки пройшли чергове линяння, набули веретеноподібної форми, і розпочався чіткий поділ на майбутніх самців та самиць. Накопичена СЕТ була в межах $280\text{--}340^{\circ}\text{C}$.

Календарні дати: 6 червня - 14 червня 2025 року (розвиток самок і самців). Період збігся з фазою бутонізації та початку цвітіння гороху. Червоподібні рухливі самці залишили коріння і мігрували в ґрунт. Самиці набували лимоноподібної форми, розривали епідерміс кореня і на поверхні коренів нагадували «крупинок» розміром близько 1 мм. На цей час на полях через спеку почали візуально виділятися перші вогнища жовтіючих рослин.

Календарні дати: 16 червня - 25 червня 2025 року (формування цист нового покоління). Після запліднення у фазу масового цвітіння та утворення бобів гороху самиці почали відмирати. Під впливом високих температур червня їхня зовнішня оболонка зазнала змін, колір змінився з білого на лимонно-жовтий, а потім на темно-коричневий. Повний цикл першої генерації завершився при досягненні СЕТ в межах $421\text{--}454^{\circ}\text{C}$.

Оскільки формування нових коричневих цист завершилося вже наприкінці червня, а попереду був аномально спекотний липень, це спровокувало

повторний вихід личинок та факультативний розвиток другої генерації у липні на бобових бур'янах та падалиці гороху. Однак розвиток горохової нематоди був лише факультативним та просторово-локальним в місцях формування сходів падалиці, що було зумовлено несприятливими погодними умовами під час збирання урожаю, зокрема чергуванням надмірного випадання опадів та високих денних температур, що зумовили часткове розтріскування стручків.

Разом з тим, варто відзначити, що за просторової неоднорідності і досить значної зрідженості сходів падалиці накопичення популяції горохової нематоди було істотно нижчим порівняно з розвитком першої генерації фітопаразита. Однак, для запобігання масового розмноження як на падалиці бобових, так і спорідненій сегетальній рослинності, необхідно не пізніше двох тижнів з часу їх з'явлення здійснювати обробіток ґрунту механічними знаряддями праці. Дані строки обумовлені тим, що за високих літніх температур на повний цикл розвитку горохової нематоди (від інвазування сходів личинками другого віку до формування цист) було необхідно всього 43 дні. За середньодобової температури 19,8 °C сума ефективних температур на онтогенез другої генерації на сходах падалиці склала 421,4 °C.

Отже, за період вегетації гороху фітопаразит завершує одну генерацію, а в разі подальшого розвитку на сходах падалиці, потенційним є розвиток також і другої генерації, що необхідно враховувати при плануванні та здійсненні протинематодних заходів.

3.4 Вдосконалення моніторингу гетеродерозів бобових культур за візуальними ознаками ураження рослин

Візуальне обстеження необхідно проводити у два етапи, оскільки симптоми ураження та фази онтогенезу змінюються протягом вегетації: На першому етапі у фазу (орієнтовно травень) при обстеженні посівів гороху звертають увагу на осередки затримки росту та розвитку рослин, а також локальні хлорози посівів (рис. 3)



Рис. 3. Локальні пригнічення росту та розвитку рослин на початкових етапах органогенезу (ориг)

На другому етапі у фазу масового цвітіння-початку формування бобів (орієнтовно червень) виявляють осередки значного пригнічення, а також локального відмирання рослин і формування плішин.

Переміщуючись полем човниковим методом особливу увагу слід приділяти низинам, мікрозападинам (куди змиваються цисти) та зонам розвороту техніки біля входу на поле (де цисти разносяться плугами), а також крайовим смугам угідь.

Слід першочергово звертати увагу на чітко обмежені вогнища пригнічених рослин. У центрі осередків рослини карликові, жовті, їхні нижні листки

передчасно засихають, а краї верхніх листків скручуються догори. На периферії симптоми згладжуються, а за її межами рослини виглядають здоровими.



Рис. 4. Осередки значного пригнічення рослин гетеродерозом (ориг.)

Остаточний діагноз встановлюється виключно за аналізом кореневою системою. За допомогою штикової лопати або ґрунтового совка підкопували пригнічену рослину на межі здорової та хворої зони і разом із грудкою землі брали для проведення наступного аналізу. Для цього рослинний зразок обережно відмивали від ґрунту і корені проглядали на наявність білих самиць розміром близько 1 мм.

При діагностуванні кореневої системи бобових звертали також увагу на наявність бульбочок *Rhizobium*. За сильного інвазування гороху гетеродерозом відмічається часткова чи повна відсутність рожевих бульбочок на уражених корінцях. В більш пізні терміни, ближче до збирання врожаю слід звертати увагу на наявність пожовтілих цист, оскільки самиці після відмирання змінюють колір з мілого на світло-коричневий, а пізніше і темно-коричневий. Тому, доцільніше обстежувати посіви гороху в період масового формування білих самиць, які добре утримуються на поверхні коренів, занурившись головним відділом в тканини коренів.

Згідно наших досліджень фахівцям господарств найдоцільніше проводити обстеження посівів гороху на гетеродероз за візуальними ознаками ураження рослин і масового формування самиць на кореневій системі у другій-третьій декадах червня.

ВИСНОВКИ

1. Горохова цистоутворююча нематода характеризується неоднорідністю заселення та строкатістю просторового розподілу осередків в посівах бобових культур.
2. Основна частина цист зосереджена у верхньому родючому шарі ґрунту на глибині 10-30 см, в зоні локалізації кореневої системи гороху та інших бобових культур. Поодинокі цисти та мігруючі личинки виявляли на глибині до 50 см.
3. Нижня межа розвитку горохової нематоди становить $+8^{\circ}\text{C}$, оптимум $16-24^{\circ}\text{C}$. За період вегетації гороху посівного фітопаразит завершує одну генерацію, факультативний розвиток другої може потенційно відбуватися на падалиці гороху.
4. Тривалість онтогенезу одного покоління, залежно від кліматичних умов, складає від 43 до 64 днів за суми ефективних температур у межах $421-454^{\circ}\text{C}$.
5. Основними культурними рослинами-живителями фітопаразита є горох посівний, кормові боби, сочевиця харчова, чина посівна та вика посівна. Серед бобових бур'янів горохова нематода потенційно може розмножуватися на виці мишачій, чині лучній, диких формах горошку посівного.
6. Рання сівба гороху (до $+5^{\circ}\text{C}$) дає можливість сформувати кореневу систему до масового відродження личинок із цист, що забезпечує вищу витривалість рослин до гетеродерозу.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адаменко Т. І. Зміна клімату та її вплив на агрокліматичні ресурси України та Вінницької області // *Український гідрометеорологічний журнал*. – 2021. № 28. – С. 15-26.
2. Атлас Вінницької області: Географічні характеристики та природні ресурси. / За ред. проф. Денисика Г. І. – Вінниця: ДП «Державна картографічна фабрика», 2012. – 120 с.
3. Балич М. М., Демидась Г. І. Вплив попередників та елементів технології вирощування на врожайність гороху зернового в умовах Правобережного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 70. С. 24–37.
4. Борзих О. І., Сігарьова Д. Д., Пилипенко Л. А., Ковтун А. М. Нематодологічний моніторинг польових та квітково-декоративних рослин в Україні. Київ : Колобіг, 2011. 144 с.
5. Власюк О. М. Агротехнічне оцінювання сірих лісових ґрунтів під бобові культури в Центральному Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 5. С. 18-25.
6. Доповідь про стан фітосанітарного стану та поширення шкідливих організмів у Вінницькій області / Головне управління Держпродспоживслужби у Вінницькій області. Вінниця, 2024-2025.
7. Електронна бібліотека Вінницького національного аграрного університету. URL: vsau.org.
8. Екологічний паспорт Вінницької області (щорічне видання) / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Київ, 2024.
9. EPPO Global Database: *Heterodera goettingiana* (HETRGO). URL: eppo.int.
10. Каленич В. В., Плісак В. Г. Моніторинг чисельності *Heterodera goettingiana* в умовах Центрального Лісостепу України. *Захист і карантин рослин*. 2019. № 65. С. 112-119.
11. Камінський В. Ф., Дворецька С. П. Особливості формування продуктивності гороху залежно від вологозабезпеченості та гідротермічних умов вирощування. *Землеробство*. 2018. Вип. 1. С. 43-51.

12. Клімат України / За ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. – К.: Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.
13. Лихочвор В. В., Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур : підручник. Львів : Українські технології, 2014. 1040 с.
14. Мазур В. А., Паламарчук В. Д. Технологічні аспекти вирощування бобових культур в умовах змін клімату. *Сільське господарство та лісівництво*. Вінниця : ВНАУ, 2022. № 24. С. 5–18.
15. Мартинюк В. О., Пилипенко Л. А. Фітопаразитичні нематоди зернобобових культур в Україні: поширення та шкодочинність. *Карантин і захист рослин*. 2019. № 4 (255). С. 12-16.
16. Наукові основи ведення сільського господарства у Вінницькій області / за ред. М. В. Гладия. Вінниця : Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН, 2020. 340 с.
17. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського : електронний каталог. URL: irbis-nbuv.gov.ua.
18. Перелік регульованих шкідливих організмів / Міністерство аграрної політики та продовольства України. Наказ № 716 (із змінами та доповненнями). Київ, 2023.
19. Пилипенко Л. А. Цистоутворювальні нематоди (Nematoda: Heteroderidae) України: монографія. Київ: Колообіг, 2015. 240 с.
20. Плісак В. Г., Сігарьова Д. Д. Фітонематоди агроценозів Лісостепу України : монографія. Київ : Аграрна наука, 2008. 232 с.
21. Плісак В. Г. Екологічні особливості формування комплексів фітонематод у посівах зернобобових культур. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. Вінниця, 2011. Вип. 9. С. 45-52.
22. Польовий А. М., Божко Л. Ю. Моделювання впливу змін клімату на продуктивність сільськогосподарських культур у Центральній-Подільському регіоні України // *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. — 2024. Т. 2 (72). – С. 45-54.

23. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Рослинництво: практикум: навч. посібник. Харків : Смуґаста типоґрафія, 2016. 544 с.
24. Сайко В. Ф., Малієнко А. М. Сівозміни у землеробстві України. Київ : ВД «ЕКМО», 2007. 384 с.
25. Сіґарьова Д. Д. Методолоґічні основи та практичні аспекти біолоґічного контролю чисельності фітопаразитичних нематод. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 9. С. 27-34.
26. Сіґарьова Д. Д. Методи моніторинґу та діагностики фітопаразитичних нематод в агроценозах України. *Київ : Аграрна наука*, 2014. 192 с.
27. Сіґарьова Д. Д. Методичні рекомендації з виявлення та ідентифікації цистоутворюючих нематод. Київ : Інститут захисту рослин НААН, 2015. 48 с.
28. Федоренко В. П., Марков І. Л., Ретьман С. В. Захист гороху від шкідників, хвороб і бур'янів: навчальний посібник. Київ: Фенікс, 2020. 192 с.
29. Фітосанітарний стан України та обґрунтування заходів боротьби зі шкідливими організмами : аналітичний огляд / Держпродспоживслужба. Київ, 2024. 180 с.
30. Di Vito M., Greco N. The Pea Cyst Nematode, *Heterodera goettingiana*. *Nematologia Mediterranea*. 1986. Vol. 14, No. 2. P. 169-178.
31. Handoo Z. A., Robbins R. T., Riga E. Detection and Identification of Pea Cyst Nematode (*Heterodera goettingiana*) in Cool Season Food Legumes. *Plant Disease*. 2015. Vol. 99, No. 6. P. 812-819.
32. Oka Y. Mechanisms of Nematode Suppression by Rhizobacteria and Biofumigation. *Applied Soil Ecology*. 2020. Vol. 148. Art. 103.