

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
ентомології, інтегрованого захисту
та карантину рослин

_____ Доля М.М.
(підпис)

“ ____ ” _____ 20_ р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

На тему: «Поширення та біологічні особливості домінуючих фітопаразитичних нематод на ріпаку»

Спеціальність 202 Захист і карантин рослин

Гарант освітньої програми

Доктор
сільськогосподарських
наук, професор

_____ Мирослав ПІКОВСЬКИЙ
(підпис)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

Доктор
біологічних наук

_____ Анатолій БАБИЧ
(підпис)

Виконав

_____ Вадим БАБИЧ
(підпис)

Київ – 2025

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ентомології, інтегрованого захисту
та карантину рослин

Доктор с.-г.н., проф. _____ Доля М.М.
(підпис)

“ ____ ” _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Бабичу Вадиму Дмитровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 202 Захист і карантин рослин

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи «Поширення та біологічні особливості домінуючих фітопаразитичних нематод на ріпаку»

затверджена наказом ректора НУБіП України від “ ____ ” _____ 20__ р.

№ _____

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: бурякова нематода, ріпак озимий, вертикальний розподіл цист, просторове поширення, зараженість ґрунту, візуальні ознаки ураження, фенологія, кількість генерацій.

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Поширення бурякової нематоди в господарстві
2. Особливості вертикального розподілу цист в ґрунті
3. Фенологія бурякової нематоди на ріпаку
4. Тривалість розвитку та кількість генерацій
5. Візуальні ознаки ураження ріпаку гетеродерозом
6. Вдосконалення моніторингу бурякової нематоди на ріпаку

Дата видачі завдання “ ____ ” _____ 20__ р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ Бабич А.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Бабич В.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Бабич Вадим Дмитрович – бакалаврська кваліфікаційна робота на тему: «Поширення та біологічні особливості домінуючих фітопаразитичних нематод на ріпаку» Кафедра ентомології, інтегрованого захисту та карантину рослин. Київ, Національний університет біоресурсів та природокористування України, 2025 р.

46 сторінок тексту, 3 розділи, 7 рисунків, 4 таблиці, 34-літературні джерела.

Предмет досліджень – ріпак озимий, бурякова нематода *Heterodera schachtii*, фенологія, симптоми гетеродерозу,

Об'єкт дослідження – особливості поширення, вертикальний розподіл цист в ґрунті, вдосконалення нематологічного моніторингу.

Мета дослідження – дослідити особливості розвитку бурякової нематоди на посівах ріпаку озимого, визначити кількість її генерацій за вегетаційний період, уточнити особливості просторового поширення та розподілу цист у ґрунтовому профілі, вдосконалити методи виявлення та обліку гетеродерозу ріпаку за візуальними ознаками ураження та наявністю самиць на кореневій системі рослин.

Основні результати досліджень кваліфікаційної роботи: досліджено біологічні особливості бурякової нематоди на ріпаку озимому, тривалість та кількість генерацій впродовж його вегетації. Встановлено що в умовах Київської області, фітопаразит завершує дві повні генерації. Нами було уточнено особливості вертикального розподілу цист в ґрунті, зокрема було встановлено, що найбільша їх частка знаходиться у верхньому шарі ґрунту. Досліджено симптоми ураження ріпаку фітопаразитом та здійснено оцінку за рекомендованою шкалою. Вдосконалено систему моніторингу гетеродерозу з урахуванням польової діагностики, фенології нематоди та лабораторного аналізу зразків ґрунту на заселеність цистами фітопаразита.

Практичне значення отриманих результатів – уточнення фенологічних і біоекологічних особливостей бурякової нематоди дозволяє оптимізувати строки діагностичних обстежень рослин та проводити моніторинг угідь за візуальними

ознаками чи методом відбору і аналізу ґрунтових проб. Отримані результати досліджень щодо вертикального розподілу цист, дають змогу вдосконалити методику відбору ґрунтових проб, з метою підвищення ефективності нематологічного діагностування.

Методи дослідження – в нашій роботі нами було використано загально-прийняті в нематології методики, зокрема щодо діагностики нематологічного ураження рослин, відбору зразків ґрунту та рослин, з урахуванням біології фітопаразита, візуальне оцінювання ступеня ураженості ріпаку озимого, лабораторне виділення цист методом флотації, визначення кількості генерацій паразита за результатами фенологічних спостережень, встановлення рівня заселеності та просторового поширення осередків на виробничих посівах.

ВСТУП

1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ БУРЯКОВОЇ НЕМАТОДИ

- 1.1. Господарське значення та технологія вирощування ріпаку
- 1.2. Поширення бурякової нематоди в Україні, країнах Європи та світу
- 1.3. Морфологія та анатомія бурякової цистоутворюючої нематоди
- 1.4. Біолого-екологічні особливості
- 1.5. Шкідливість фітопаразита на буряках та капустяних олійних культурах
- 1.6. Методи виявлення та обліку
- 1.7. Комплекс протинематодних заходів захисту

2. МІСЦЕ, УМОВИ ТА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

- 3.1 Поширення бурякової нематоди в господарстві
- 3.2 Особливості вертикального розподілу цист в ґрунті
- 3.3 Фенологія бурякової нематоди на ріпаку
- 3.4 Тривалість розвитку та кількість генерацій
- 3.5 Візуальні ознаки ураження ріпаку гетеродерозом.
- 3.6 Вдосконалення системи моніторингу бурякової нематоди на ріпаку

ВИСНОВКИ

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

ВСТУП

Серед фітопаразитичних нематод ріпку виділяють наступні види: північна галова нематода, стеблова нематода та спіральна нематода. Ці фітопаразити уражають кореневу систему ріпаку, спричиняють утворення галів, деформування тканин, та порушення водно-мінерального живлення. Це призводить до затримки росту та розвитку рослин, зниження їх стійкості до несприятливих умов та зниження урожайності.

За результатами польових досліджень, згадані нематоди в агроценозах України не мають широкого поширення та не часто стають причиною істотного зниження врожайності ріпаку. Зазвичай їх поява фіксується лише в окремих регіонах і пов'язана здебільшого, з недотриманням агротехнічних заходів.

В останні роки, зі збільшенням площ вирощування ріпаку озимого, спостерігається суттєве збільшення в основному популяції бурякової нематоди. Вона має широке коло рослин господарів та є екологічно пластичним видом. Фітопаразит досить добре пристосований до умов помірному клімату, здатна зберігати свою життєдіяльність протягом багатьох років, формує цисти, які добре справляються з несприятливими умовами навколишнього середовища. Саме тому бурякова нематода була вибрана нами для дослідження, адже вона потенційно зумовлює значно більші ризики для вирощування ріпаку озимого.

Бурякова нематода відома в Україні у продовж багатьох десятиліть, однак до цього часу проблема ефективного її контролю залишається досить актуальною. Це пов'язано з тим, що не зважаючи на суттєве скорочення посівних площ буряків цукрових в Україні, за останні 20 років різко зросли площі посіву ріпаку озимого та ярого, який також є доброю рослиною жителем для цього фітопаразита.

Раніше основним захистом від нематоди було використання багатопільних сівозмін. У нинішніх умовах сільгоспкультури розміщують здебільшого у 4-5-ти пільних сівозмінах, відповідно ріпак потрапляє в попереднє місце через 3-4 роки, особливо у фермерських господарствах, що призводить до масового

накопичення чисельності популяцій та втрати урожаю, а в ряді випадків до локальної загибелі посівів ріпаку.

У зв'язку з глобальним потеплінням, зміною клімату, зменшенням та мікроскопічними розмірами опадів у критичні фази розвитку культур, спостерігається зміщення термінів настання фенологічних фаз, що створює додаткові стресові умови для рослин. У таких умовах бурякова нематода здобуває значну перевагу, вона здатна швидко пристосовуватися до нових температурних умов, зберігати життєздатність у ґрунті протягом тривалого періоду та розвивати кілька поколінь за один вегетаційний сезон. Це значно ускладнює боротьбу з фітопаразитом, особливо в регіонах, де сівозміни порушені, або культури-господарі висіваються повторно на заражених ділянках.

Актуальність обраної теми обумовлюється необхідністю вдосконалення систем моніторингу та захисту посівів ріпаку від гетеродерозу, в умовах зміненої аграрної практики. Особливо важливим є те що більшість фермерів та агровиробників не приділяють уваги, діагностиці та виявлення гетеродери на ранніх етапах розвитку, зокрема через складність та мікроскопічні розміри. Брак систематичного аналізу приводить до того, що увага на проблему звертається лише тоді коли збитки вже завдані.

Особливу увагу нами приділено польовим дослідженням, що проводились на базі фермерського господарства «Полісся» Фастівського району Київської області. Під час дослідження, нами здійснювався відбір ґрунтових проб, візуальний аналіз з метою виявлення фітопаразита, моніторинг фенофаз розвитку нематоди, а також аналіз вертикального розподілу цист.

Практичне значення дипломної роботи, полягає у використанні її результатів у господарствах які планують вирощувати ріпак, або інші капустяні культури. Запропоновані в роботі рекомендації, допоможуть зменшити ризики поширення бурякової нематоди шляхом правильного підбору попередників, дотримання просторової ізоляції, своєчасного моніторингу та впровадження агротехнічних прийомів захисту щодо контролю фітопаразита.

1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ БУРЯКОВОЇ НЕМАТОДИ

1.1 Господарське значення та технологія вирощування ріпаку

Ріпак (*Brassica napus*) це трав'яниста, однорічна рослина родини хрестоцвітих. Висота рослини коливається від 1 до 2 м. Стебло розгалужене, прямостояче. Гарно розвинена стрижнева коренева система. Стручки утворюються після цвітіння розміром до 12 см, у кожному з них міститься до 30 насінин. Ріпак є однією з передових олійних культур, що має значне господарське значення в Україні та світі. Він поділяється на дві форми ріпак ярий, та ріпак озимий - саме останній має найбільше значення в сільському господарстві [1].

Ярий ріпак, хоч і має менші площі, проте він все одно має важливе значення для вирощування, адже в роки, коли кліматичні умови несприятливі, результатом чого є втрата посівів і зимовий період ріпаку озимого, доводиться пересівати поля де вирощувався ріпак озимий, ріпаком ярим. Виходячи з чого площа посіву в окремі роки цієї культури збільшувалась [2,3].

Насіння ріпаку містить в собі від 48 до 52% олії, яка широко використовується в харчовій промисловості (виробництво маргарину), а також у миловарній, лакофарбовій, паливо-мастильній та інших галузях. Після екстракції олії макуха, як лишилась, може бути використана для високобілкового корму для тварин. Окрім того, озимий ріпак часто вирощують на зелену масу для годівлі худоби.

Ріпак озимий є цінною енергетичною культурою, з нього можна виготовляти паливо для дизельних двигунів внутрішнього згорання, адже біологічний дизель є набагато екологічнішим ніж звичайний, який виготовляється під час переробного процесу нафти [1,5].

Озимий ріпак проростає за низьких температур, проте для забезпечення рівномірних і дружних сходів оптимальною є температура в межах +14...+17 °С. Вегетація культури може тривати вже при +5...+6 °С і не припиняється навіть за

нічних заморозків в осінній період. Весною ріст ріпаку відновлюється приблизно через 10 днів після встановлення середньодобової температури повітря на рівні $+1...+3$ °С, а температури ґрунту — близько $+2...+9$ °С. Приблизно за 10–15 днів після цього настає фаза стеблуння і бутонізація, а ще через 20–25 днів — цвітіння. Вегетація озимого ріпаку продовжується в середньому 295–300 діб, з яких весняно-літній період охоплює 73–110 днів. Для повного циклу розвитку культура потребує суму активних температур у межах 1900–2100 °С, з яких на осінню вегетацію припадає 650–800 °С. При зниженні температури до $-2...-3$ °С осіння вегетація припиняється.

Для формування оптимального врожаю озимому ріпаку потрібно 600–800 мм опадів на рік. За умов 500–600 мм урожай вважається задовільним, а при кількості опадів менше 500 мм, особливо у посушливі роки, значно знижується. Найбільша потреба у вологості спостерігається в період від бутонізації до цвітіння. Недостатнє зволоження у цей час призводить до в'янення квіткових бруньок і їх подальшого опадання разом із квітками. [6]

Що стосується ґрунтових умов, ріпак озимий краще росте на легко- та середньо-суглинкових ґрунтах. Він також може культивуватися на піщаних ділянках коли в ґрунті достатньо вологості. Слід уникати ділянок із близьким заляганням ґрунтових вод, надмірною вологістю, торф'яно-болотних ґрунтів, а також місцевостей із заглибленнями або підвищеннями, які не утримують сніговий покрив і піддаються впливу морозного вітру. У сівозміні ріпак повертають на попереднє поле не раніше ніж через 4–5 років, витримуючи просторову ізоляцію від інших хрестоцвітних, зокрема від ярого ріпаку — не менше ніж на 1 км. Оптимальний рівень рН для цієї культури становить 6,0–6,5, тому кислі ґрунти потребують попереднього вапнування до цього оптимального показника. [8]

Для опису технології вирощування нами взято результати східного регіону України на базі господарства ТОВ «Ілюс», де розміщується демонстраційний майданчик компанії Bayer під назвою «АгроАрена Схід». Незважаючи на недовіру до культури в цьому регіоні через складні погодні умови та ризики

отримання нерівномірних сходів, агрономічна практика показала, що при дотриманні правильної технології можна досягати високих результатів.

Попередником під посів ріпаку був використаний ярий ячмінь. Після його збирання відразу було внесено мінеральне добриво сульфоамофос (20:20:12) у нормі 100 кг/га. Після чого було внесено діамофоску марки (8:24:24:3) з нормою 200 кг/га під час сівби, що відповідало біологічним вимогам культури щодо азотно-фосфорно-калійного живлення. З метою збереження вологи в ґрунті та боротьби з падалицею попередника площу двічі було оброблено дисковими агрегатами: спочатку АГД-2,5 на глибину 6–8 см, потім — Carrier 600. Посів озимого ріпаку здійснили 25 серпня за оптимальних умов вологості ґрунту. Висівали 8 гібридів компанії Bayer CropScience, серед яких обраний для детального дослідження гібрид Белана — середньоранній, високоолеїновий, адаптований до умов мінімального обробітку ґрунту.

Усі партії насіння було протруєне препаратом Модесто (12,5 л/т), який містить інсектицидні діючі речовини клотіанідин і бета-цифлутрин, що забезпечує ефективний захист рослин на ранніх етапах росту. Після появи сходів та формування 4–5 листків було проведено обробку препаратом Тілмор у нормі 0,75 та 0,9 л/га для забезпечення загальмування надмірного росту надземної частини, стимуляції розвитку кореневої системи та покращення зимостійкості культури. Восени також вносили бор у дозі 150 г/га у вигляді мікродобрив, що позитивно вплинуло на підготовку рослин до зими.

На момент коли він входив у зимову фазу, озимий ріпак мав 8–9 листків, кореневу шийку діаметром від 0,7 до 1,3 см та гарно розвинену кореневу систему завдовжки 20–25 см, що відповідало оптимальним параметрам для успішної перезимівлі. Весною після відновлення вегетації було використано аміачну селітру з нормою внесення 300 кг/га по мерзлоталому ґрунті. Пізніше для підживлювання використовувались мікродобрива: Вуксал Комбі Плюс (2,5 л/га) у фазі розетки та Вуксал Аміноплант (1,0 л/га) у фазі бутонізації.

В умовах підвищеної вологості весною та за сприятливих умов для розвитку хвороб на окремих варіантах використовували фунгіцид Тілмор у фазі висоти рослин 20–25 см (ВВСН 32–33) у нормі 0,9 л/га, а також Пропуль у дозі

1,0 л/га під час цвітіння (ВВСН 65). Комплексна технологія, адаптована до умов східного регіону, дозволила зберегти життєздатність рослин, продовжити вегетацію, збільшити масу 1000 насінин та покращити загальну урожайність. За результатами обліків, урожайність на контрольній ділянці без фунгіцидного захисту склала 34,0 ц/га, в той час варіанти із повною технологічною обробкою — від 39,0 до 41,7 ц/га [22].

Для формування високої та стабільної врожайності озимий ріпак вимагає дотримання комплексу агротехнічних заходів, які включають в собі вибір якісного гібридного насіння, оптимальні строки сівби, забезпечення якісного та повноцінного мінерального живлення, що вимагає культура та захисту від бур'янів. Дуже важливе значення має якісний та правильний підхід до обробітку ґрунту з урахуванням збереження вологи, особливо в умовах зони недостатнього зволоження. потрібно також забезпечити ефективну регуляцію росту та мікроелементне підживлення, що сприяють розвитку кореневої системи та гарного росту рослини, підвищенню зимостійкості та зменшенню втрат у критичні фази росту.

Практичний досвід господарства ТОВ «Ілюс» підтверджує, що навіть у складних умовах клімату в який входить східний регіон України, за умови дотримання сучасних технологічних рішень, озимий ріпак демонструє високу продуктивність та якість врожаю [7].

Не менш важливе значення для гарних сходів ріпаку відіграє внесення добрив. Спочатку рослина потребує значну кількість азоту. Максимальна доза в них настає під час вегетації весною, перед цвітінням та у фазу цвітіння. В цей період рослина потребує багато калію, фосфору, кальцію [3].

1.2 Поширення бурякової нематоди в Україні, країнах Європи та світу

Бурякова нематода (*Heterodera schachtii*) була вперше виявлена у 1859 році в Німеччині. Відкриття цього виду та його вивчення дало змогу встановити, що він досить багато часу зберігається в ґрунті, що зумовлює значну небезпеку при повторному вирощуванні ріпаку та цукрових буряків на одному полі. Протягом наступних десятиліть цей фітопаразит поширився у понад 40 країнах та регіонах

світу, в таких як Європа, Азія, Північна Америка, Австралія та Нова Зеландія [23,24].

Найбільш інтенсивне розповсюдження бурякової нематоди було виявлено в Польщі, Нідерландах, Великобританії, Франції, США, Канаді, Швейцарії, а також в інших країнах із розвинутим буряківництвом. У 1930-х роках перші випадки зараження були зафіксовані на території України, зокрема у Київській області. З часом ураження нематодою було виявлено в понад 16 областях країни, зокрема у Вінницькій, Черкаській, Чернігівській, Сумській, Харківській, Хмельницькій та Житомирській.

У Франції площі ураження цукрових буряків буряковою нематодою становлять від 40 до 60 тисяч гектарів, хоча інтенсивність пошкоджень варіюється залежно від регіону. Зокрема, у 2008 році у департаментах Ена та Уаза спостерігалось повне ураження посівів. У північних регіонах, таких як Пад-де-Кале та Фландрія, вогнища цистоутворюючої нематоди переважно зафіксовані в прибережних до моря зонах.

У Бельгії, по даним спеціалістів, близько 60 % площ, які були відведені під цукрові буряки, є зараженими буряковою нематодою. Проте тільки на 20 % з цих площ, близько 12 % усіх бурякосійних угідь країни, щільність популяції паразита перевищує 500 яєць або личинок на 100 г ґрунту. Поширення ураження прямо пропорційне території з розташуванням цукрових заводів, які функціонували в період 1960–1970 років. У Нідерландах, згідно з оцінками Інституту дослідження цукрових буряків (IRS), бурякова нематода присутня на 42 % площ посівів буряків. Проте лише 10 % цих полів мають середній рівень зараження, тобто понад 300 яєць або личинок у 100 г ґрунту. [11]

Впродовж 1950-х років бурякова нематода почала активно поширюватися в Центральному Чорноземному регіоні. Надалі її виявляли у багатьох західних та північних областях України. Впродовж останніх десятиліть висока шкідливість цього паразита фіксувалась також у Молдові, Білорусі, країнах Прибалтики та Середньої Азії.

Проблеми, що стали пов'язаними з масовим поширенням бурякової нематоди в посівах цукрового буряку є не випадковим чи суто природного

походження. Цей паразит не має здатності активно переміщуватися на значні відстані. Тому його накопичення у ґрунті до економічно шкідливого рівня зумовлено помилками які допускаються в агротехніці. Перш за все йдеться про недотримання сівозміни коли рослини-господарі висіваються на одному полі мінімальною перервою. Окрім цього не проводиться систематичний нематодологічний моніторинг, що дозволив би виявити загрозу на ранньому етапі.

За останні десять років зміни в структурі посівних площ, також сприяли загостренню проблеми. Після 1990 року площі під цукровий буряк в Україні значно скоротились, а посіви ріпаку стали значно швидко рости. Відповідно до показників Державної служби статистики України, площа буряків зменшилась з 1,6 млн га до 240 тис. га у 2015 році. Ріпак же навпаки розширив свої площі з 90 тис. га у 1990 році до 500 тис. га. Особливо масово цю культуру вирощують у західних, північних та центральних регіонах країни, де вже виявлено велику щільність бурякової нематоди.

Висока шкідливість бурякової нематоди зумовлена здатністю паразита швидко розмножуватись у сприятливих умовах і тривалий час зберігатись у ґрунті. Це викликає значні економічні втрати у буряківництві, особливо при відсутності сівозміни та своєчасного виявлення зараження.

Окрім того, як розпочалося вивчення історії полів було доведено, що більшість господарств використовували сівозміну яка складається з послідовним вирощування таких культур як: гороху, пшениці, цукрових буряків, кукурудзи, пшениці і знову ж таки цукрових буряків, а в деяких було допустимо вирощування буряків та ріпаку через рік. Такий підхід якраз і сприяє масовому розмноженню та зростанню шкідливості бурякової нематоди і може викликати істотні втрати врожаю ріпаку та цукрових буряків від 50% до 70%. Тому, в ряді випадків вирощування цих культур на полях, які були зараженні гетеродерозом, з часом взагалі стає не вигідним [15].

Основним джерелом поширення паразита є коренеплоди з інфікованих полів, техніка для обробітку ґрунту, забруднене знаряддя, а також інфікований посадковий матеріал — наприклад, бульби картоплі, вирощені на заражених

ділянках. Можливе також перенесення нематоди тваринами, людьми або транспортними засобами. Дослідження показують, що з частками ґрунту на взутті може переноситися до 250 яєць нематоди, а з технікою — до 650 [10].

1.3 Морфологія та анатомія бурякової цистоутворюючої нематоди

Бурякова нематода це представник фітопаразитичних червів, вона має чітко виражений статевий диморфізм. Самиці мають лимоноподібну форму тіла, а самці червоподібну. Тіло в нематод коротке, біле, двобічно симетричне ротова система з колючим органом, для того щоб вона могла проколоти рослину, ввести в неї ферменти стравохідних залоз, та почати висмоктувати рослинний сік [25].

Яйце нематод сильно витягнуті в довжину, форма схожа на нитку трохи випуклі з однієї сторони і трішки вгнуті з іншої. В середньому їх довжина складає 0,110 мм, а ширина 0,045 мм. Розвивається личинка першого віку в яйці, в ньому вона скручена в 3-4 оберти. Тіло личинок пряме і вже має ознаки дорослої особини, довжина личинки 0,440 мм, а ширина може доходити до 0,025 мм. Спереду личинка має заокруглену форму, задня частина має форму конуса. Голова має міцний стилет довжина якого до 0,028 мм. Спочатку личинки набувають циліндричної форми. Коли личинка переходить в стадію третього віку то вже з них розвиваються самки, вони потовщуються ще більше і стає формою пляшки, зі злегка вигнутим і звуженим головним кінцем і заокругленим заднім. Личинки мають довжину близько 0,400 мм, а ширина 0,200 мм. Личинки з яких розвивається чоловіча особа значно потовщене червоподібне розміром 1,156*0,046 мм [26].

Коли личинки набувають фази четвертого віку, то в них вже чітко сформований трафіко-генітальний відділ з різко вираженою статевою диференціацією. Тіло личинок самок стає потовщеним набуває форми лимону, вони досить великі, білого кольору.

Що стосується анатомічного складу бурякової нематоди, то зазначено що, епітеліально-м'язовий мішок утворений з трьох основних структур, це: кутикула, гіподерма та мускулатура. Складається кутикула з десяти шарів та виконує функцію зовнішнього скелета, вона виконує функцію захисту від

навколишніх чинників, також слугує опорою для м'язів. Відразу під нею розташована гіподерма. Це маса протоплазми без чітких меж між клітинами. Вона діє як бар'єр, що затримує для організму нематоди шкідливі речовини, зокрема бере участь у численних біологічних процесах та біосинтезі.

М'язовий шар розташований під гіподермою, він представлений клітинами які згруповані у чотири повздовжні тяжі, які відокремлюються виступами гіподерми: спинною, червною і двома бічними. Міститься первинна порожнина тіла усередині епітеліально-м'язового мішка, вона наповнена рідиною яка називається псевдоцель. Вона не вистелена клітинами мезодермального походження. Саме тут розташовані внутрішні органи гельмінта, циркулює рідина під високим тиском, яка виконує роль гідроскелета та забезпечує тонус мускулатури.

Травна система бере початок від ротового отвору, який розташований на передньому кінці тіла, його оточують три структури схожі на губи. Травна система представлена прямою трубчастою кишкою. Вона поділена на передній відділ, задній, що мають ектодермальне походження, тоді як середній сформований з ентодермою. Закінчується система анальним отвором, який розташований на черевному боці задньої частини тіла.

Кровоносна та дихальна система у нематод не сформована, це свідчить про їх морфо-фізіологічну примітивність. У більшості випадків дихання має анаеробний характер, проте в бурякової цистоутворюючої нематоди воно відбувається через покриви тіла.

У нематод видільна система має спрощену, але специфічну будову. Вона складається з однієї або двох великих шкірних залоз, вони виконують функцію протонефридів. Уздовж бічних валиків гіподерми відходять два бічні канали. У задній частині тіла закінчуються канали сліпо, спереду зливаючись в єдиний вивідний канал, відкриваються назовні через пору, розташовану трохи позаду рота. Крім цього, видільну функцію виконують, розміщені вздовж каналів фагоцитарні клітини. Вони накопичують нерозчинні продукти метаболізму та чужорідні частинки, що потрапляють у псевдоцель.

Нервова система нематод представлена навкологлотковим кільцем, від якого радіально відходять основні нервові стовбури: спинний, черевний та чотири бічні. Ці стовбури з'єднуються між собою комісурами, утворюючи сітчасту структуру. Органи чуття розвинені слабо та обмежуються здебільшого механорецепторами. До них належать дотикові та, ймовірно, зосереджені переважно навколо ротового отвору, хеморецепторні горбики. У самців додатково присутні дотикові горбики на задньому кінці тіла, що мають значення у процесі копуляції [10,16,27].

1.4 Біолого-екологічні особливості

Бурякова нематода спеціалізований ґрунтовий паразит, який переважно уражує цукрові буряки та ріпак. Проте він здатен розвиватися також на інших рослинах-господарях родини хрестоцвітих, таких як капуста, шпинат, гірчиця, редька кормова та інші. Нематода широко поширена в бурякосійних зонах України, зокрема у Вінницькій, Черкаській, Сумській та ряді інших областей, де спричиняє затримку росту рослин, а за високої чисельності зумовлює повну загибель посівів.

Типові симптомами ураження: в'янення листя в денну спеку, постійне пожовтіння, пригнічення рослини, навіть у сприятливу погоду, а також відмирання листової маси. На коренеплодах спостерігається недорозвиненість головного кореня з надмірним утворенням дрібних бічних корінців, на якому неозброєним оком видно білі або бурі лимоноподібні цисти. Саме на цих органах тканин легко виявити паразита в польових умовах [17].

Цисти мають щільну оболонку, яка захищає потомство і утворюються зі старих самок. У цьому стані яйця і личинки можуть зберігати життєздатність у ґрунті понад 10 років, що зумовлює високу стійкість популяції до несприятливих умов. Самки значно більші за самців (до 1,3 мм) і набувають бурого кольору після завершення розвитку, тоді як самці мають ниткоподібне тіло, вільно пересуваються в ґрунті та не паразитують.

Розвиває нематода одну генерацію на протязі 4–8 тижнів, в залежності від температури та вологості. Проаналізувавши інформацію стає зрозуміло що,

повний цикл життя включає такі фази: яйця, кількох личинок стадій, дорослих особин та цист. Паразитична форма личинки (другого віку) проникає в кореневі волоски рослини, де насамперед живиться соками і перетворюється на самку або самця. Самки після запліднення перетворюються на цисту, заповнену яйцями та личинками. За сприятливих умов (температура ґрунту +16...+28 °С, оптимально — +25 °С, достатня вологість) протягом вегетаційного періоду можливе завершення двох-чотирьох генерацій.

Екологічно *Heterodera schachtii* дуже адаптована до широкого спектра ґрунтів, але найактивніше розмножується на легких ґрунтах, особливо у вологу весну. Цисти легко переносяться водою та ґрунтом, що сприяє її поступовому розповсюдженню в межах полів і на сусідні ділянки. Ураження рослини цим видом нематод знижує врожайність ріпаку та цукрових буряків до 25–50 %, погіршує якість сировини, сприяє вторинному зараженню іншими патогенами (зокрема *Fusarium spp.*, *Cercospora*, *Rhizoctonia*) і виступає потенційним переносником вірусів.

Провівши детальний аналіз літератури вважаємо, що *H. schachtii* є досить адаптованим і життєздатним паразитом, екологічно пластичним, вона пристосовується до різних умов навколишнього середовища, дуже мобільна, здатна до міграцій, тому культура ріпаку має великий ризик зараженості гетеродерозом [10].

1.5 Шкідливість фітопаразита на буряках та капустяних олійних культурах

Бурякова нематода високоспеціалізований облігатний паразит, він викликає значне зниження врожайності цукрових буряків, ріпаку та інших сприйнятливих культур. Паразит розвивається інтенсивніше коли температура ґрунту коливається в межах +16...+28 °С, з оптимумом близько +25 °С. За оптимальних умов личинки масово виходять із цист, активізуються під впливом корневих виділень і швидко заселяють кореневу систему рослин-господарів. З чого випливає, що це призводить до формування численних дрібних бічних коренів, які у сукупності утворюють густе “кореневе волосся”, так зване явище

– мичкуватості. Такі морфологічні зміни призводять до порушення основних фізіологічних процесів, наглядним прикладом є поглинання води та поживних речовин.

Значне виснаження рослини викликає живлення личинок. Самці мають ниткоподібну форму та вільно пересуваються у ґрунті, а самки ж навпаки залишаються прикріпленими до кореня, вони утворюють помітні білі або жовто-бурі цисти овальної форми. Приблизно 40 днів триває повний цикл розвитку паразита. Зовнішні ознаки ураження можна спостерігати з червня до збирання урожаю у вигляді локальних ділянок пригніченого росту на полі, протягом вегетаційного періоду вони поступово розширюються.

Heterodera schachtii знижує життєдіяльність рослин на яких вона паразитує. У найспекотніші години дня уражені рослини в'януть, навіть у прохолодну погоду не відновлюючи тургор. В'янення супроводжується хлорозом і відмиранням листя. Навіть при достатньому вмісті у ґрунті магнію часто спостерігаються симптоми його дефіциту. Типовим на коренеплодах є недорозвинення верхівки на яких можна побачити цисти з розростанням великої кількості тонких додаткових корінців. Під час розвитку самки з часом темнішають — від білого до бурого кольору.

Проаналізувавши інформацію варто зазначити, що бурякова нематода суттєво знижує господарську якість урожаю: через надмірне утворення кореневих волосків, підвищується забрудненість землею коренеплодів. Окрім цього, суттєво підвищує сприйнятливість рослин до вторинного інфікування ґрунтовими патогенами в разі зараження буряковою нематодою, зокрема збудниками фузаріозу (*Fusarium spp.*), церкоспорозу (*Cercospora*) та корневих гнилей, спричинених *Rhizoctonia*.

Діагностика ураження *H. schachtii* можлива як за візуальними ознаками, так і шляхом лабораторного аналізу ґрунту. Візуальні симптоми часто можна сплутати з проявами корневих гнилей, для підтвердження наявності збудника рекомендовано проводити спеціалізовані аналізи, зокрема виділення цист і підрахунок кількості личинок у зразках ґрунту. Зразки необхідно відбирати

рівномірно з усього поля, задля того, що б мати змогу об'єктивно оцінити ступінь зараження, а не лише з ділянок із підозрілими ознаками.

Нематоди є малорухомими у ґрунті, однак під час злив або зрошення цисти здатні легко переноситися водою, а також із частинками ґрунту. Таким чином, можливе їх швидке поширення по полю. Оптимальні умови для масового розвитку включають вологу весну, високі температури ґрунту та легкі механічні ґрунти, хоча випадки зараження реєструють на всіх типах ґрунтів.

Ураження буряковою нематодою призводить до значної втрати врожаю культури на 25–50 %, а в деяких випадках втрати можуть сягати 70–80 %. Зокрема, у сприйнятливих сортах, особливо у насінників, втрати є значно вищими, адже у них інтенсивніше знижується вміст фотосинтетичних пігментів. Ураження навіть на ранніх етапах розвитку суттєво знижує асиміляційну здатність листків, що негативно впливає на розвиток і подальшу вегетацію рослин [10,19].

1.6 Методи виявлення та обліку

Для виявлення бурякової цистоутворюючої нематоди на полях, в ґрунті використовують метод-картування. За первинного обстеження звертають увагу на симптоми, тобто чи є заражені осередки на полі візуально, або відбирають проби ґрунту.

Візуальне обстеження здійснюють в період вегетації, коли рослина вже достатньо розвинена, і на ній помітні симптоми ураження на листках, а на корені вже проявляються білі самки. Щоб відібрати необхідні зразки поле проходять по двох діагоналях, звертаючи увагу на ділянки в яких рослини ще не зімкнуті в рядках, з пригніченими і відстаючими в розвитку рослинами. Ці рослини мають характерний бліднуватий або жовто зелений листок. На кожену діагональ поля викопують по 20 рослин, обережно струшують ґрунт з коренів і візуально аналізують рослину з метою виявлення білих самок.

Коли нематода була виявлена, то візуально встановлюється ступінь зараження кореневої системи самок за трибальною шкалою де: перший ступінь- на корінцях поодинокі самки, тобто це слабокє зараження; другий ступінь- на

коріннях 20-30 самок, в цьому випадку зараження визначається як середнє; третя ступінь-на коріннях самок підрахувати дуже складно, вже в цьому випадку зараження сильне [34].

Відбір проб ґрунту проводять восени коли урожай вже зібрано або весною, перед сівбою. З цією метою по двох діагоналях поля зазвичай в сорока місцях (по двадцять на кожену діагональ) на глибину 10-20 см відбирають первинні проби об'ємом 500 см кубічних з розрахунку одна середня проба на 20-25 га.

При відборі проб використовують спеціальний трубчастий бур, який має діаметр 20 мм. При детальному обстеженні в результаті якого нематоду на полі все ж таки було виявлено, на основі аналізу вже раніше відібраних проб ґрунту, складають карту зараженості полів нематодою. Це дозволяє здійснити аналіз розподілу по полю нематоди, встановити рівень зараженості ґрунту та на основі цього спрогнозувати можливі втрати врожаю культури.

Під час обстеження рослин фіксується кількість уражених особин, а також визначається ступінь ураження за бальною системою (1, 2 або 3 бали). Це дозволяє оцінити інтенсивність впливу нематоди на рослини. Для обліку зараженості ґрунту, відбираються зразки ґрунту заражені буряковою нематодою в яких підраховується кількість цист або личинок у 100 см³ ґрунту. На основі цих даних визначають ступінь зараженості: слабкий — до 3 цист або до 200 личинок, середній — від 4 до 10 цист або 200–700 личинок, сильний — понад 10 цист або понад 700 личинок у 100 см³ ґрунту.

Коли проводиться обстеження ,окрім кількісної оцінки, також складається схематичний план полів, де вказуються номери ділянок та розміщення проб, що дозволяє локалізувати вогнища зараження. Комплексний підхід до обліку дозволяє оперативно та ефективно реагувати на проблему, планувати та диференціювати заходи захисту від бурякової нематододи [10,15,34].

1.7 Комплекс протинематодних заходів захисту

У сучасному землеробстві боротьба з буряковими нематодами здійснюється за двома основними напрямками: застосуванням агротехнічних методів та використанням сортів рослин живителів, що мають одночасну

стійкість і до нематод і до ризоманії. Одним з найважливіших елементів агротехніки є сівозміна: не рекомендується повернення цукрових буряків на одне і теж поле частіше, ніж раз на два роки, а в ідеальному стані один раз на чотири роки. Особливо важливо, уникати культур які є кормовою базою для нематод, таких як буряк, капуста та шпинат.

Вирощування проміжних сидеральних культур з стійких представників родини хрестоцвітих. Як було встановлено: біла гірчиця та редька кормова здатні пригнічувати розвиток нематод. Ці рослини можна використовувати як зелене добриво, однак для досягнення належного ефекту їх необхідно висівати у стислі терміни, одразу після того як був зібраний попередник, зокрема ярий ячмінь.

Задля запобігання заселенню ділянки буряковою нематодою, раціональним є обстеження весною або осінню, коли ми плануємо посів буряка цукрового або ріпаку, на наявність фітопаразита. У разі виявлення нематод у пробах ґрунту слід вжити заходів щодо недопущення їх поширення через сільськогосподарський інвентар або техніку. При цьому частка цукрових буряків у загальній сівозміні не повинна перевищувати 20% [28,29,30].

Для зменшення кількості нематод в ґрунті доцільніше буде використовувати протинематодні сівозміни.

Наприклад:

- кукурудза на зелений корм або горох — жито (на корм або зерно);
- кукурудза або горох — дворазове вирощування жита;
- горох — кукурудза — жито;
- ячмінь з підсівом конюшини — конюшина — жито;
- люцерна (протягом двох років) — жито;
- комбінація культур: жито з викою — кукурудза на корм — озима пшениця— цикорій — ячмінь з конюшиною — люцерна протягом трьох років; люцерна (три роки) — цикорій — ячмінь або яра пшениця — жито з викою — кукурудза [32].

Короткостроковим прийнято вважати висівання від серпня до вересня після збирання, озимої пшениці чи інших зернових що рано проростають, представників родини хрестоцвітих — таких як гірчиця, олійна редька або ріпак

після чого скосяти їх та заорати через півтора місяці. Як зазначають фахівці, заорювання сидератів це надзвичайно ефективний спосіб зменшення чисельності нематод, він дозволяє знизити кількість личинок на 50 відсотків.

Також цікавим методом є РНК-інтерферація. Це молекулярна технологія, що дає можливість пригнічувати експресію певних генів, шляхом додавання в клітину дволанцюгових РНК, комплементарних до мРНК-мішені. У рослині цей механізм активує природні системи захисту, які розщеплюють чужорідну РНК і запобігають синтезу білків, необхідних для життєдіяльності бурякової нематоди. Після інфікування нематодою в рослині синтезуються специфічні РНК, що знижують життєдіяльність паразита шляхом блокування ключових його функцій [16,18,20,21].

Отже, аналіз літературних джерел засвідчує, що досягнути успіхів в ефективному контролі бурякової нематоди можливо лише на глибокому пізнанні її біологічних особливостей та за поєднання різних заходів захисту.

2. МІСЦЕ, УМОВИ ТА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Наші дослідження проводились в 2024 році на полях фермерського господарства «Полісся» Фастівського району Київської області.

Господарство було засновано в 2000 році, на сьогодні земельний банк включає 890 гектарів оброблювальної площі. Дане господарство займається вирощуванням переважно зернових та олійних культур таких як: озима пшениця, соя, кукурудза на зерно, ріпак озимий та ячмінь ярий.

Сівозміна у ФГ «Полісся» має п'ятипільну структуру. На 2024 рік в господарстві було заплановано, на першому полі площею 180 га посіяти озиму пшеницю, попередником була кукурудза на зерно. Зокрема дана культура є гарним попередником для вирощування сої в наступному році. Друге поле, площа якого 170 га, відведене під посів ячменю ярого, після чого, планується висівати ріпак озимий, а потім сою. Третє поле на 2024 рік зайняте озимим ріпаком, після якого планується вирощування кукурудзи на зерно, надалі кукурудза і після неї - озима пшениця. Третє поле має площу 230 га, засіяне кукурудзою на зерно, яка добре реагує на азотний фон та рослинні залишки після вирощування сої, яка вирощувалась на ньому в 2023 році. П'яте поле з площею 225 га зайняте під соняшник, після якого в наступному році планується висівати пшеницю озиму.

Сівозміна в цьому господарстві дотримується фітосанітарних вимог, однак культура ріпаку, який згідно рекомендованої схеми потрапляє на 5 рік, все одно зазнає ураження буряковою нематодою, оскільки зараженість ґрунту залишається високою.

У структурі сівозміни, на даному господарстві ріпак був висіяний після ярого ячменю, що є доцільним з точки зору агротехнічних вимог. Ячмінь це яра, ранньостигла культура, дозволяє своєчасно підготувати ґрунт під посів ріпаку озимого в оптимальні строки, а саме у другій половині серпня. У 2024 році ріпак озимий було висіяно у господарстві на площі 85 га (рис.1).



Рис.1 Посіви ріпаку озимого (ориг.)

Попередник, ячмінь ярий, було зібрано у другій декаді липня. Після його збирання було проведено ряд технологічних операцій, до них входило післязбиральне луцнення стерні, а через 10 днів, був проведений основний обробіток ґрунту на глибину 25 см. Безпосередньо перед посівом виконано культивуацію глибиною 5-7 см для закриття вологи. Озимий ріпак висівали 18 серпня з нормою 3,8 кг/га з шириною міжрядь 15 см.

Ґрунтові умови дослідного поля, площею 85 гектарів, під посівом ріпаку озимого, характеризуються чорноземами опідзоленими легкосуглинковими, з добрим агрофізичним станом, вміст гумусу в ґрунті варіюється від 3,1% до 3,4%. Забезпеченість ґрунту елементами живлення - задовільне.

У 2024 році весна в регіоні була ранньою, з достатньою кількістю опадів і відповідно до цього, забезпеченість ґрунту вологою була на достатньому рівні, температурний режим збільшувався поступово без різких перепадів. Середньодобові температури з квітня по серпень коливалися в межах від +10,5 до +23,5 градусів за Цельсієм. Такі агрокліматичні умови сприяли масовому заселенню ріпаку та швидкому розвитку нематоди. За даними метеоспостережень, сума ефективних температур за цей період становила 839 градусів за Цельсієм.

Об'єктом наших досліджень була бурякова нематода на посівах ріпаку озимого. Основною метою нашого дослідження було вивчення фенологічних особливостей фітопаразита на ріпаку, встановлення тривалості її розвитку, визначення кількості її генерацій за період вегетації ріпаку, ступеня зараження ґрунту та вертикального розподілу цист у ґрунтовому профілі, а також уточнення візуальних ознак ураження рослин гетеродерозом.

Обстеження поля на зараженість рослин гетеродерозом, здійснювалось за допомогою стандартної діагональної сітки. Поле було поділено на дев'ять секторів. Спочатку нами було візуально оцінено стан посівів, для того що б виявити характерні симптоми, такі як пліщини на полі, пригнічення росту рослини, передчасне її відмирання, в'янення рослини за жаркої погоди.

Рослини з характерними ознаками ураження, нами були обережно викопані, корінці очищені від ґрунту, для того, щоб діагностувати ураження і виявити на кореневій системі білих самиць розміром близько 0,9 мм. Ділянки поля в яких було виявлено ураження ми вносили в карту поля в якій вказували площу, на якій було виявлено нематоду, фіксували особливості вертикального розподілу, визначали ступінь ураженості рослини за три бальною шкалою.

Подальшими нашими дослідженнями було відбір ґрунтових проб. Зразки ґрунту відбирали на глибину до 20 см за допомогою ручного бура з діаметром 20 мм (рис.2) З кожної виїмки формувалася об'єднаний об'єм в розмірі 500 см³, проба була висушена до повітряно-сухого стану, просіювалася та аналізувалася на наявність цист бурякової нематоди методом флотації. У лабораторних умовах визначалися кількість цист у 100 г ґрунту, стадія їх розвитку, а також життєздатність личинок і кількість яєць. Для дослідження вертикального розподілу нами було проведено відбір проб з різних прошарків ґрунту, а саме на глибину від 0-10 см, 11-20 см, 21-30 см, з кожного шару брались окремі зразки.

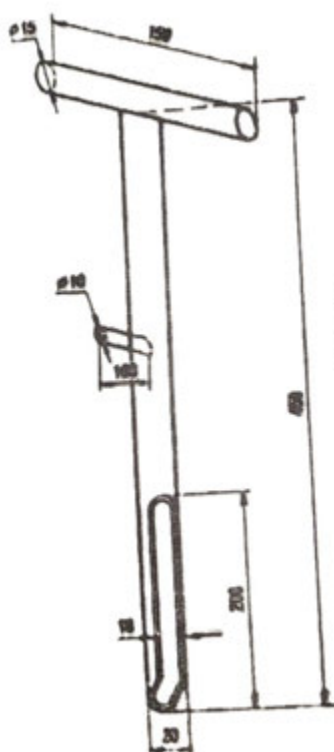


Рис.2 Ручний бур для відбору ґрунтових проб

Паралельно з ґрунтовим дослідженням, здійснювався моніторинг розвитку нематоди на рослинах. Для цього нами кожні 10-14 днів відбирали 20 рослин ріпаку з контрольних ділянок. Спостереження велись упродовж всієї вегетації з квітня по серпень. Це дозволило нам встановити, що за сприятливих умов, упродовж всієї вегетації озимого ріпаку, фітопаразиту вдалось розвинути дві повноцінні генерації. Перша тривала 64 дні при середньодобовій температурі 16,5 градусів за Цельсієм. Друга генерація тривала 47 днів, при середньодобовій температурі 19,0 градусів за Цельсієм та сумі ефективних температур 423 градуси за Цельсієм.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Поширення бурякової нематоди в господарстві

Нами було проведено обстеження полів на зараження буряковою нематодою посіву ріпаку озимого. В першу чергу ми звертали увагу на наявність пліщин (рис.3), місця де рослини була пригнічені, рослини в цьому місці не змикалась листовою поверхнею. Обстеження відповідно до методики, ми проводили на початку другої половини вегетації, адже саме в цей період проявляються симптоми ураження на листках. В цей період з'являються самиці білого кольору на кореневій системі рослин.



Рис. 3. Пліщини на посівах ріпаку (ориг.)

Щоб виконати дане дослідження нами було проведено обстеження за двома діагоналями. Відразу звертали увагу на пліщини зі значною зрідженістю рослин, на яких відразу було помітно, що рослини пригнічені і відстають в рості та розвитку. Порівняно з ділянками вільними від гетеродерозу, листки на

цих рослинах мали пригнічений вигляд, жовтуваті, або блідо-зелені, що візуально схоже на хлороз. Обстежуючи поле по діагоналі, ми викопували по 20 зразків рослин, обережно зачищали коріння від ґрунту і візуально обстежували їх для того щоб виявити білі самки (рис 4.) В даному господарстві було виявлено, за три бальною шкалою, перший рівень зараженості рослин буряковою нематодою. На рослинах, які було відібрано, нами було виявлено на корінцях поодинокі самиці, їхня кількість варіювала від 3 до 7 особин на рослину, тобто зараження було слабким. В інших відібраних нами зразках зараження рослин характеризувалась другим ступенем, за заселеності рослин у межах 20-30 особин, це зараження середнього ступеню. На окремих відібраних рослинах чисельність самиць коливалась у межах від 31 до 100 особин.



Рис.4 Візуальне обстеження кореневої системи за для виявлення бурякової нематоди (ориг.)

Це вказувало на сильне, що відповідало третьому ступеню, ураженню посівів гетеродерозом.

Наступним нашим кроком був відбір ґрунтових проб, з метою визначення загальної зараженості поля цистами нематоди. Ми проводили його восени

перед посівом ріпаку. Для досягнення цілі нами по двох діагоналях поля в 40 місцях, із розрахунку по 20 проб на кожен діагональ, з глибини до 20 см відбирали первинні зразки об'ємом близько 300-500 см³ ґрунту.

Для відбору проб ми використовували бур трубчастої форми діаметром 20 мм.

Відібрані нематологічні проби висушували до повітряно-сухого стану, просіювали через сита і для флотаційного аналізу брали середні зразки 100 см³ ґрунту. Цисти виділяли з ґрунту флотаційним методом. Для цього ґрунт висипали у ємність об'ємом 1 л, на дві третини заповнювали водою, суспензію перемішували і давали відстоятися впродовж двох-трьох хвилин. За цей час, частки ґрунту осідали на дно ємності, а цисти спливали на поверхню води. Верхній об'єм суспензії зливали в лійку, з попередньо укладеним в неї фільтрувальним папером. Після проціджування суспензії, фільтр проглядали на наявність цист, які були розміщені на округлому фільтрі, переважно з країв, по верхньому рівню води.

Цисти переносили препарувальною голкою на предметне скло в краплю води. Наступним нашим кроком було, розподілити цисти на пусті, уражені грибами та заповнені яйцями і личинками нематоди. Такі цисти, де зберігалася в анабіозі потомство нематоди, розщепляли в краплі води препарувальною голкою і підраховували чисельність яєць і личинок. Загальна кількість яєць і личинок, виділених із всіх цист однієї проби, є рівнем зараженості, обстежених нами ділянок певного поля. На основі всіх відібраних проб, нами складено відповідну таблицю заселення поля господарства буряковою нематодою.

**Заселеність буряковою нематодою дослідного поля (85 га)
(ФГ «Полісся» Фастівського району Київської області, 2024 р.)**

Грунтові зразки	Відсутня (га)	Низька, до 200	Середня, 201-	Висока, більше
		я+л/100 см ³ ґрунту (га)	1000 я+л/100 см ³ ґрунту (га)	1000 я+л/100 см ³ ґрунту (га)
1	7,4	2,6		
2	6,9	3,1		
3	10,0			
4	5,8		4,2	
5	3,9		3,6	2,5
6	4,3	4,9		0,8
7	4,8	2,9	2,3	
8	2,6	5,8	1,6	
9	2,4	1,9	0,7	

Нами було встановлено, що переважна більшість площі, характеризувалася низьким ступенем заселеності. Всього буряковою нематодою було заселено 36,6 га, при цьому більшість осередків було зосереджено з краю поля, що засвідчує недавнє зараження даного поля буряковою нематодою. Вважаємо, що найімовірніше, цисти було занесено ґрунтообробною технікою. Такі висновки нами зроблено на основі обстеження суміжних полів, де бурякова нематода не була виявлена. Це вказує на доцільність зачищення робочих органів агрегатів, від ґрунтових залишків, при переїзді з поля на поле.

3.2 Особливості вертикального розподілу цист у ґрунті

На основі отриманих нами результатів експериментальних досліджень, було встановлено що переважна більшість цист по вертикальному профілю була зосереджена на глибині 11-20 см (18,7 екз. від загальної чисельності

виділених цист), що становило 71,9% популяції. В поверхневому горизонті, до 10 см нами було виявлено 5,4 екз. цист, що склало 20,8% від загальної чисельності (табл. 2).

Таблиця 2

Поширення цист бурякової нематоди по горизонтам гумусного шару ґрунту звичайного чорнозему після вирощування ріпаку озимого (ФГ «Полісся» Фастівського р-ну Київської обл., 2024 р.)

Горизонти ґрунту, см	Кількість цист у 100 см ³ ґрунту, екз.	
	Ріпак озимий	
	Екз.	%
0-10	5,4	20,8
11-20	18,7	71,9
21-30	1,6	6,2
31-40	0,3	1,1
41-50	0	0

В шарі ґрунту до 30 см, нами було виділено з відібраного зразку даної глибини 1,6 екз. цист, що у відсотках становить 6,2%. Окремі екземпляри цист лише в поодиноких пробах нами було виявлено на глибині до 40 см, що у відсотках всього 1,1%.

Аналіз показників поширення цист в окремих горизонтах, дає нам підставу стверджувати, що зразки ґрунту слід відбирати лише на глибину до 20 см, оскільки 92,7% від всієї популяції за вертикальним профілем ґрунту знаходиться саме в цих гумусних шарах ґрунту.

Таким чином, при відборі зразків, на визначення рівня заселеності ґрунту у виробничих умовах, доцільно рекомендувати брати зразки з поверхневих

горизонтів до 20 см, оскільки переважна частина цист нематоди зосереджена саме на цій глибині.

3.3 Фенологія бурякової нематоди на ріпаку

Біологічні особливості розвитку личинок бурякової нематоди, нами було досліджено на посівах ріпаку озимого впродовж всієї його вегетації. Було встановлено що зараження ріпаку озимого личинками бурякової нематоди відбувається ще в осінній період, в другій половині вересня, саме тоді коли з'являються сходи. Нами було встановлено, що на початку вегетації ріпаку, відбувається заселення рослин лише поодинокими личинками.

Так, згідно наших досліджень, у другій половині жовтня та першій половині листопада, відбувалось зараження рослин з меншою інтенсивністю, адже було зниження середньодобової температури, в нічний період в окремі дні температура досягала мінусових значень, що негативно впливає на інтенсивність розвитку личинок.

Отже можна зробити висновок, що при несприятливих умовах, заселеність сходів, а відповідно і розвиток та зараження рослин гетеродерозом протікає повільно. Адже низькі середньодобові температури негативно впливають на розвиток личинок. Зараженість не набувала критичних значень, через що рослини не були пригніченими, їх розвиток відбувався без явних проявів зараження фітопаразитом.

На початку весни, нами було відібрані зразки рослин на яких було видно що личинок в рослинах не було. З цього можна зробити висновок, що личинки гинуть при мінусових температурах.

Період розвитку бурякової цистоутворюючої нематоди, проходить з настанням весни і триває на протязі літніх місяців, тому нами було складено фенологічний календар її розвитку (рис.5).

генерації. Він також є критичним для зараження рослини, оскільки личинка другого покоління вже активно проникає в корені ріпаку.

Упродовж травня нами було виявлено, що стартувало активне перетворення личинок. У першій та другій декадах переважаючими були личинки третього та четвертого віку, а вже в третій декаді травня було виявлено дорослих особин самців та самиць, це відразу вказує на початок репродуктивної стадії нематоди. Погодні умови травня сприяли цьому процесу, адже середньо добові температури коливались в межах +16 до +21 градуса за Цельсієм, відмічались періодичні опади, за рахунок яких ґрунт був достатньо зволуженим.

У червні на фоні теплої погоди, з температурним режимом приблизно +26 градусів за Цельсієм та помірною вологістю було зафіксовано активне відкладання яєць самицями. В цей період відзначається найбільша кількість яйцекладних самиць, а в третій декаді вже було виявлено утворення нових цист. Це засвідчує про завершення першої генерації та початок другої генерації бурякової нематоди.

З початком липня, розпочався розвиток другої генерації. В цей період було виявлено нові личинки другого та третього віку, які у другій декаді швидко перейшли у стадію личинок четвертого віку, також почали з'являтися поодинокі дорослі особини. У третій декаді було виявлено генеративних самок, цим самим було встановлено що це пік генерації фітопаразита.

Середньодобова температура фіксувалась в межах +25...+26 градусів, саме ці умови сприяли швидкому завершенню циклу розвитку бурякової нематоди.

У першій половині серпня переважали новоутворені цисти. Температура в цей період ще дозволяла розвиватися окремим особинам, однак активність популяції поступово знижувалась. У другій декаді серпня розвиток припинився, це пов'язано зі зниженням середньодобової температури, та старінням рослини-господаря та підсиханням верхнього шару ґрунту.

Таким чином, у весняно-літній період 2024 року, бурякова нематода в фермерському господарстві «Полісся» Фастівського району Київської області, пройшла два повноцінні цикли розвитку. Перший цикл припадав з третьої

декади квітня до кінця червня, а другий цикл розвитку, з початку липня до середини серпня. Особливо інтенсивним періодом для розвитку були кінець травня та липень, в цей період відзначалось масове утворення цист.

3.4 Тривалість розвитку та кількість генерацій

На основі даних отриманих нами під час фенологічного дослідження та даних про температури, які були зафіксовані в весняно літній період, у фермерському господарстві «Полісся» Фастівського району Київської області, в продовж вегетаційного сезону ріпаку озимого за 2024 рік нами було визначено, що *Heterodera schachtii* формує дві повноцінні генерації.

Перша генерація почалась у третій декаді квітня, це було пов'язано з виходом личинок другого віку з цист, і тривала до кінця червня, тобто до початку виявлення цист другого покоління. Протягом цього періоду середньодобова температура коливалась у межах від +10,5 до +20,5 градусів, а сума ефективних температур вище ніж +10 градусів складала приблизно 416 градусів за Цельсієм. Цих температурних показників було достатньо що б повноцінно сформуватися першому поколінню бурякової нематоди. Тривалість розвитку першої генерації складала 64 дні.

Друга генерація розпочалась на початку липня, це підтверджувалось масовим виявленням інвазійних личинок в кореневій системі ріпаку. Нами було встановлено, що завершення циклу генерації припадало на другу декаду серпня, характерним для цього було утворення цист. У цей період температурні умови сприяли оптимальному розвитку фітопаразита. За нашими спостереженнями, середньодобові температури становили +19,5 градусів за Цельсієм, з цього виходить що сума активних температур перевищувала 423 градусів. З цього було встановлено що тривалість другої генерації була коротшою, вона тривала 47 днів, що обумовлено більш високими середньодобовими температурами в період онтогенезу бурякової нематоди.

Результати нашого експериментального дослідження представлено в таблиці 4.

Таблиця 4

**Тривалість розвитку та кількість генерацій бурякової нематоди на
ріпаку озимому**

(ФГ «Полісся», Київська область Фастівський район, 2024 р.)

Сільгоспкультура	Генерації	Сума ефективних температур, >10°C	Середньодобова температура, °C	Тривалість розвитку, днів
Ріпак озимий	1	416	16,5	64
	2	423	19,0	47

Нами встановлено що за період весни та літа 2024 року, бурякова нематода повноцінно завершила дві генерації. Це засвідчує, що в таких умовах є надзвичайно необхідним, враховувати цей чинник при плануванні системи моніторингу та заходів захисту культури, особливо в роки з ранньою весною та підвищеними температурами в літній період.

3.5 Візуальні ознаки ураження ріпаку гетеродерозом

В ході візуального спостереження посівів ріпаку озимого, на полі господарства «Полісся», нами було виявлено ряд ознак ураження рослини буряковою нематодою. Симптоми проявлялись у різних формах, в залежності від погодних умов, щільності популяції та фази розвитку культури.

На початкових стадіях розвитку рослини живителя, а саме у фазі 3-4 листки, першими симптомами ураження була затримка рослини в рості, сповільнене формування листової розетки, зменшення площі асиміляційної

поверхні. У рослин, в яких корені були заселені личинками гетеродери, спостерігалось зниження тургору, в'янення листків, в деяких випадках, порівняно з здоровими рослинами, спостерігалось відставання в розвитку. Особливо чітко візуальна відмінність проявлялась у контрасті між ураженими та здоровими рослинами на фоні одного поля, ріпак, що не був зараженим, мав повноцінну кореневу систему й активне листкове наростання.

У міру прогресування ураження впродовж травня-червня, коли температура підвищувалася понад +20 градусів за Цельсієм, у рослин ріпаку які були інвазовані, нижні листки жовтіли, засихали і відмирили, а верхні-дрібнішали, зменшувалась їх кількість, листова розетка втрачала симетрію (рис. 6.) У фазі розетки, перед стрілкуванням, спостерігалось симетричне відмирання листків з країв до центру. Цей процес супроводжувався загальним пригніченням стану рослини. Особливо виразно ці зміни спостерігались з країв поля, де щільність популяції бурякової нематоди була найвищою.



Рис.6 Осередок ураження ріпаку гетеродерозом (ориг.)

Порушення асиміляційного апарату рослини, призводило до зниження нею маси, та іноді відмирання кореневої системи. У польових умовах, за наших спостережень, було візуально видно, що стрижневий корінь був вкорочений також відзначається, посилене утворення бічних корінців, що засвідчувало реакцію рослини на зараженість буряковою нематодою. Також на окремих рослинах фіксувалось неповне цвітіння, нестабільна висота генеративного стебла, в деяких випадках, навіть, припинення розвитку, ще до формування суцвіття.

Виходячи з нашого спостереження, основними візуальними ознаками ураження ріпаку гетеродерозом є: затримка в рості та розвитку, побіління та пожовтіння листків, з подальшим їх засиханням (рис.7), деформація кореневої системи, активне наростання на них бічних корінців, зменшення площі листка, асиметрія розетки. На пізніших стадіях відбувається відмирання листя, зниження висоти рослини, недорозвинене цвітіння або ж його відсутність.



Рис. 7. Візуальні ознаки ураження ріпаку гетеродерозом (ориг.)

3.6 Вдосконалення системи моніторингу бурякової нематоди на ріпаку

Традиційна система моніторингу виявлення та обліку бурякової нематоди, розроблена раніше, передбачала обстеження та діагностування рослин в основному буряків цукрових. Зокрема рекомендовано відбирати ґрунтові зразки до посіву культури чи після її збирання.

Для цього з площі 20-25 га по двох діагоналях поля через 7-8 кроків ґрунтовим буром відбирали ґрунтовий зразок на глибину до 30 см, зокрема на чорноземах з глибоким заляганням гумусного шару.

Із зразків відібраних в двох напрямках поля (по діагоналі), формували середню пробу масою 200-250 см³. Яку висушували до повітряно-сухого стану, просіювали і флотаційним методом зі 100 см³ виділяли нематод.

Дана щільність є рівнем заселеності певної ділянки поля.

В період вегетації рослин буряків, для визначення їх ураженості буряковою нематодою, рекомендовано діагностувати кореневу систему на наявність білих самиць. Оптимальними термінами на буряках є кінець червня початок липня і до збору врожаю.

Аналіз цих методик вказує на те, що вони переважно розроблялися для моніторингу буряків, однак не враховують технологічні особливості вирощування та вегетації ріпаку озимого. Тому, нами вдосконалено та адаптовано традиційну методику нематодологічного обстеження капустяних олійних культур.

Особливістю, зокрема, вирощування ріпаку озимого є те, що зразки ґрунтові доцільно відбирати завчасно, влітку чи на початку осені, відразу після збирання попереднику ріпаку з тим, щоб визначити заселеність, передбачити потенційні втрати і прогнозувати доцільність посіву олійних капустяних культур на даному полі.

Таким чином, якщо на полях передбачених під посів бурякокультур, допустимо відбирати зразки та встановлювати заселеність навіть весною, то при вирощуванні ріпаку озимого, моніторинг потрібно здійснювати в стислі терміни до його посіву восени.

Іншою особливістю, зокрема діагностування посівів в період вегетації є те, що його моніторинг за візуальними ознаками ураження та наявністю самиць на коренях, необхідно здійснювати у більш ранні терміни, порівняно з буряками цукровими.

Це обумовлено тим, що від часу посівів буряків до появи сходів, здебільшого потрібно в межах 10-12 днів, тоді як в цей період рослини ріпаку уже вегетували, а відповідно раніше заселялися личинками, де і відбувався їх подальший розвиток.

Отже, більш ранні терміни заселення коренів ріпаку сприяли і в середньому на 7-10 днів, також, раніше завершення онтогенезу, що необхідно враховувати при візуальних термінах обстеження посівів ріпаку на ураженість буряковою нематодою.

Таким чином, для проведення моніторингу на ріпаку, оптимальним термінами є кінець першої або друга декада травня і до збирання врожаю, що було нами встановлено експериментальними дослідженнями, при вивченні фенології бурякової нематоди на ріпаку озимому.

Отже, наші дослідження засвідчили, що моніторинг, зокрема ріпаку озимого, порівняно з посівами буряків цукрових, слід обстежувати в середньому на одну декаду раніше, що обумовлено тим, що самиці на даній культурі формуються у більш ранні терміни.

В цьому полягає наше вдосконалення моніторингу бурякової нематоди, зокрема були уточнені оптимальні терміни діагностування ріпаку озимого, які доцільно використовувати відповідними службами для визначення ураженості рослин на гетеродероз, в період вегетації капустяних олійних культур.

ВИСНОВКИ

1. У ФГ «Полісся» Фастівського району Київської області, буряковою нематодою заселено 36,6% від загальної площі 85 га. При цьому переважна більшість осередків нематоди, характеризувалася низьким рівнем зараженості - 21,2 га до 200 я+л/100 см³ та середнім - 12,4 га в межах від 201 до 100 я+л/100 см³. Висока заселеність понад 1000 я+л/100 см³ була виявлена на 3,3 га.
2. Домінуюча кількість цист за вертикальним профілем, після вирощування ріпаку озимого, була зосереджена на глибині до 20 см, що складало 92,7% від всієї популяції бурякової нематоди. В горизонті 21-30 см було виявлено 6,2%, а в 31-40 всього - 1,1% цист від загальної чисельності популяції.
3. Початкове заселення коренів відбувається в третій декаді квітня. Їх онтогенез до формування самиць і самців триває 26-28 днів, повне завершення циклу розвитку першої генерації, встановлено в третій декаді червня. Повторне масове заселення відбувалося в першій декаді липня, а завершення другої генерації встановлено в середині серпня.
4. За середньодобової температури 16,5 °С тривалість першої генерації до утворення цист складала 64 дні, сума активних температур склала 416 °С. На завершення другої генерації, за середньодобової температури 19,0°С було необхідно 47 днів, сума ефективних температур, за період онтогенезу - становила 423°С.
5. Обстеження посівів ріпаку озимого на ураженість гетеродерозом, доцільно проводити з другої декади червня і до збирання урожаю, коли проявляються візуальні ознаки ураження: пригнічення росту та розвитку, хлорози, зменшення поверхні листового апарату, а на коренях, навіть без засобів оптики, можна було виявляти білих самиць бурякової нематоди.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для визначення рівня заселеності сільськогосподарських угідь буряковою нематодою ґрунтові зразки необхідно відбирати на глибину до 20 см, де зосереджено понад 90% цист фітопаразита.

В період вегетації, посіви ріпаку на ураженість буряковою нематодою, доцільно обстежувати з середини червня і до збирання врожаю, коли на коренях рослин можливо виявляти білих самиць, а осередки пригнічених рослин, виділяються на полі за такими ознаками ураження як відставання у рості та розвитку, хлорози та в'янення рослин в жарку пору дня.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ріпак – культура необмежених можливостей : рек. покажч. літ. / уклад. І. А. Фисенко ; за ред. О. Г. Пустова, Д. В. Ткаченко. – Миколаїв : МНАУ, 2019. – 48 с.
2. Антоненко О.Ф. Ярий ріпак // Захист рослин. – 1998. № 7. – С.13. 2. Бардин
3. Гримак М.І. Кормові капустині культури. – К. : Урожай, 1988. – 112 с.
4. Гайдаш В.Д., Ковальчук Г.М., Дем'янчук Г.Т. Ріпак – культура великих можливостей. – Ужгород : Карпати, 1986. – 62 с.
5. Мазоренко Д.І., Мазнів Г.Є. Інноваційні ресурсозберігаючі технології вирощування ріпаку. – Харків : Майдан, 2008. – 143 с.
6. Я.Б. Ріпак: від сівби до переробки. – К. : Світ, 2000. – 109 с.
7. Bayer CropScience. Технологія вирощування озимого ріпаку в умовах східного регіону України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cropscience.bayer.ua>
8. Олійник О. О., Кучерова А. В., Гольцман О. С. Особливості вирощування ріпаку озимого в умовах Полісся України // Агросвіт. – 2021. – № 4. – С. 20–24.
9. Саблук В.Т., Лінник Л.І. Бурякова нематода // Захист рослин. – 2000. – № 11. – С. 14–16.
10. Лінник Л.І., Саблук В.Т., Бабич А.Г., Шарий В.М. Бурякова нематода. – Київ : Інститут цукрових буряків УААН, 1995. – 91 с.
11. SESVanderHave. Бурякова цистова нематода : методичний посібник. – К. : Сесвандерхаве-Україна, 2014. – 19 с.
12. Dewaele D. et al. Management of Heterodera schachtii with trap crops // European Journal of Plant Pathology. – 2002. – Vol. 108. – P. 497–504.
13. Доронін В. та ін. Бурякова нематода – реагувати, а не ігнорувати! // Agroexpert. – 2017. – № 5. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://agroexpert.ua>

14. Державна служба статистики України. Рослинництво в Україні: статистичний збірник. – Київ, 2015.
15. Amiri S., Subbotin S.A., Moens M. Identification of the beet cyst nematode *Heterodera schachtii* by PCR // *European Journal of Plant Pathology*. – 2002. – Vol. 108. – P. 497–506.
16. Неїлик М.М. та ін. Нематода: біологія, моніторинг, захист і нормативна база : монографія. – Вінниця : ТВОРИ, 2023. – 260 с.
17. Tilikkala K. Influence of sugarbeet and nonhost plants on field population of *Heterodera schachtii* // *Ann. Agr. Fenn.* – 1985. – № 2. – P. 63–69.
18. Chitwood D. J. Research on plant-parasitic nematode biology / D. J. Chitwood // *Pest Management Science*. – 2003. – Vol. 59. – P. 748–753.
19. Захист і карантин рослин : наук. зб. – К. : Інститут захисту рослин НААН, 2014. – Вип. 60. – 180 с.
20. Fairbairn D. J. et al. Host-delivered RNAi strategy against plant parasitic nematodes // *Plant Cell Reports*. – 2007. – Vol. 26. – P. 2091–2098.
21. Проміжні культури – замість пестицидів / Лінник Л.І. та ін. // *Екологічні проблеми землеробства*. – К. : ВНІЦ, 1991. – С. 47–50.
22. Господаренко Г. Удобрення ріпаку озимого // *Агробізнес сьогодні*. – 2011. – № 7. – С. 28–30.
23. Chaudhary A., Ram J., Shukla S., Jha P.K. Biological control of plant parasitic nematodes through rhizosphere microbes // In: Kumar S., Tiwari R. (eds.) *Microbiome Under Changing Climate*. – Singapore : Springer, 2023. – P. 673–685.
24. Lu Y., Liu X., Hu G. Mapping urban land cover types using a hybrid classification method in TerraSAR-X imagery // *Remote Sensing*. – 2018. – Vol. 10, № 5. – P. 787.
25. Harveson R.M., Jackson T.A. *Sugar Beet Cyst Nematode*. – Lincoln : University of Nebraska–Lincoln Extension, 2008. – 8 p.
26. Perry R.N., Trett M.W. Ultrastructure of the eggshell of *Heterodera schachtii* and *H. glycines* (Nematoda: Tylenchida) // *Revue de Nématologie*. – 1986. – Vol. 9, No. 4. – P. 399–403.

27. Subbotin S.A., Mundo-Ocampo M., Baldwin J.G. Cyst Nematodes // Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture / Eds. Luc M., Sikora R.A., Bridge J. – 2nd ed. – Wallingford : CABI Publishing, 2005. – P. 347–412.
28. 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.
29. 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.
30. Schlang J. Zur Populationsentwicklung von *Heterodera schachtii* unter dem Einfluss von *Phacelia tanacetifolia* / J. Schlang // Meded Fac. Landbouww Rijksuniv. Gent. – 1985. – Bd. 50, № 3 – S. 777-784.
31. Сігарьова Д.Д. Бурякова нематода / Д.Д. Сігарьова, Л.А. Пилипенко // Захист рослин. – 2001. - № 4. – С. 11-12.
32. Федоренко В.П. Технологія вирощування та захисту цукрових буряків / В.П. Федоренко, С.О. Трибель, О.О. Іваненко, О.М. Лапа, О.І. Земляний, О.О. Стригун // Інститут захисту рослин / УААН. – К., 2006. – 231 с.
33. Zhao Y., Wang L., Li Y., et al. Rapid and visual detection of *Heterodera schachtii* using recombinase polymerase amplification combined with Cas12a-mediated technology // *Plant Disease.* – 2021. – Vol. 105, No. 12. – P. 3912–3918.
34. Kumar S., Singh R., Sharma A., et al. Emerging trends and technologies used for the identification and quantification of plant-parasitic nematodes // *Plants.* – 2024. – Vol. 13, No. 21. – Article 3041.

ДОДАТКИ