

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

06.02 – МЗР. 2188 «С». 2023.11.29. 02 ПЗ

КАРАКУЛОВ АРТЕМ ДМИТРОВИЧ

2024 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ФАКУЛЬТЕТ ЗАХИСТУ РОСЛИН, БІОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ

УДК 632.6:632.93:635.63

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету
Захисту рослин, біотехнологій
та екології
Ю.В. Коломієць
« » 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри ентомології,
інтегрованого захисту та
карантину рослин
М.М Доля
« » 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: «Шкідливість бурякової нематоди на ріпаку та заходи
регуляції її чисельності»

Спеціальність 202 «Захист і карантин рослин»

Освітня програма «Захист рослин»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми, д.с.-г.н., проф. М.М. Доля

Керівник магістерської роботи, д.б.н. А.Г. Бабич

Виконав А.Д. Каракулов

КИЇВ – 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ФАКУЛЬТЕТ ЗАХИСТУ РОСЛИН, БІОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

М.М. Доля

« _____ » 2024 р.

ЗАВДАННЯ

до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студенту

Каракулову Артему Дмитровичу

Спеціальність 202 «Захист і карантин рослин»

Освітня програма «Захист рослин»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської роботи **«Шкідливість бурякової нематоди на
ріпаку та заходи регуляції її чисельності»**

Затверджена наказом ректора НУБіП України від 29. 11. 2023 р. № 2188 «С»

Термін подання студентом магістерської роботи 12. 11. 2024 р.

Вихідні дані до магістерської роботи: ріпак, бурякова нематода, виявлення та
облік гетеродерозу, втрати врожаю, контроль чисельності.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Біологічні особливості бурякової гетеродери на ріпаку
2. Діагностування гетеродерозів ріпаку

3. Рівні шкідливості бурякової нематоди на ріпаку
4. Вдосконалення протинематодних заходів захисту на ріпаку
5. Перелік графічного матеріалу (за потреби) – Фенологія бурякової нематоди на ріпаку
6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Бабич А.Г.		
2	Бабич А.Г.		
3	Бабич А.Г.		

6. Дата видачі завдання 1 вересня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Встановлення поширення домінуючих фітофагів в господарстві	Квітень-жовтень	
2	Вивчення біологічних особливостей домінуючих фітофагів	Квітень-жовтень	
3	Розробка рівнів шкідливості бурякової нематоди	Квітень-жовтень	

Дата видачі завдання - 04 грудня 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ **А.Г. Бабич**
(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____ **А.Д. Каракулов**
(підпис)

РЕФЕРАТ

УДК: 632.7:632.93:633.11 – **Каракулов Артем Дмитрович – Магістерська кваліфікаційна робота «Шкідливість бурякової нематоди на ріпаку та заходи регуляції її чисельності». Кафедра ентомології, інтегрованого захисту та карантину рослин. Київ, Національний університет біоресурсів та природокористування України, 2024 р.**

56 стор. тексту, 3 розд., 5 рис., 6 табл., 42 – літературні джерела.
Рік виконання магістерської роботи: 2024.

Предмет досліджень – інтеграція протинематодних заходів на ріпаку.

Об'єкт дослідження – бурякова нематода, гетеродерози, рівні втрат урожаю.

Мета і завдання досліджень – уточнити потенційні втрати урожаю та обґрунтувати доцільні заходи захисту від гетеродерозу ріпаку.

Основні результати досліджень кваліфікаційної роботи: Досліджено біологічні особливості бурякової нематоди. Розроблено рівні шкідливості гетеродерозу на ріпаку. Вдосконалено методи виявлення та обліку гетеродерозів ріпаку. Уточнено систему захисту ріпаку від гетеродерозу.

Практичне значення отриманих результатів – Уточнення біологічних особливостей бурякової нематоди на ріпаку дає змогу оптимізувати терміни проведення візуальних обстежень рослин з метою діагностування уражень гетеродерозом. Розроблені рівні шкідливості забезпечують обґрунтування доцільних протинематодних заходів залежно від їх окупності. Дослідження динаміки чисельності в сучасних сівозмінах забезпечує вибір кращих попередників. Токсикація сходів способом нанесення хімічних препаратів на насіння знижують рівень інвазування сходів ріпаку на початкових, найбільш уразливих етапах органогенезу.

Методи дослідження. При проведенні наукових досліджень було використано загальноприйняті в нематології методи, зокрема відбір рослинних

і ґрунтових зразків проводили з врахуванням особливостей розвитку фітопатогена на капустяних культурах; виділення нематод здійснювали в лабораторних умовах, тривалість розвитку досліджували в польових умовах, особливості просторового розподілу осередків гетеродерозів встановлювали на виробничих посівах. Для зберігання нематод використовували фіксуючі розчини, а для визначення видового складу гетеродерід виготовляли мікропрепарати. Протинематодну оцінку обробки насіння засобами захисту рослин встановлювали в польових умовах при закладанні тимчасових дослідів.

Структура та обсяг магістерської роботи. Магістерська робота викладена на 56 сторінках тексту, ілюстрована 6 таблицями та 5 рисунками. Включає такі розділи: вступ, огляд літератури, експериментальну частину, яка містить 6 підрозділів, висновки та рекомендації виробництву. Список першоджерел містить 42 найменування наукових публікацій за темою досліджень.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
Помилка! Закладку не визначено.	
1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ТА РЕЗЕРВИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ НАСІННЕВИХ ПОСІВІВ РІПАКУ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	8
1.1 Технологія вирощування ріпаку	8
1.2 Гетеродероз ріпаку та заходи щодо контролю чисельності бурякової нематоди.....	12
2. МІСЦЕ, УМОВИ ТА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	21
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	26
3.1 Особливості просторового поширення та вертикально-грунтового розподілу цист бурякової нематоди.....	26
3.2 Фенологія бурякової нематодина на озимому і ярому ріпаку	29
3.3 Рівні шкідливості бурякової нематоди на ріпаку.....	34
3.4 Протинематодна ефективність домінуючих . сільськогосподарських культур	38
Помилка! Закладку не визначено.	
3.5 Технічна та господарська ефективність застосування сучасних протруйників насіння ріпаку	41
3.6 Економічна оцінка протинематодної ефективності протруйників насіння ріпаку.....	46
ВИСНОВКИ.....	49
РЕКОМЕНДАЦІЇ	
ВИРОБНИЦТВУ.....	Помилка! Закладку не визначено.

ВСТУП

Бурякова нематода поширена в багатьох країнах світу. Паразитування на різних фазах розвитку бурякової нематоди зумовлює значне зниження врожаю не тільки буряків, але також і капустияних олійних культур, площі яких в останні роки багаторазово збільшилися.

Слід відзначити, що ураження рослин гетеродерозом не завжди правильно діагностують, що зумовлює її подальше розселення як у межах існуючих районів так і в нові регіони.

Вилучення із сучасних сівозмін чи значне скорочення посівних площ буряків не вирішило дану проблему, оскільки в них досить часто вирощують і буряки і капустияні культури.

В минулому столітті головна увага при проведенні наукових досліджень була зосереджена на розробці захисних заходів на буряках цукрових і майже відсутні публікації щодо шкідливості на капустияних культурах.

Проте, останні зміни в структурі посівних площ засвідчують, що на сучасному етапі ряді ріпак витіснив цю культуру із сівозмін. Це зумовлює необхідність проведення глибоких досліджень щодо вивчення її біологічних особливостей на капустияних культурах, динаміки чисельності її популяції за різного насичення сівозмін з короткою ротацією рослинами-живителями, оцінкою на нематодостійкість сучасних і перспективних сортів, встановлення ефективності протруйників з метою ефективного контролю фітопаразита в сучасних умовах.

Вважаємо доцільним також вдосконалення і інших протинематодних заходів з метою розробки сучасної інтегрованої системи ріпаку від бурякової гетеродери на насіння, адаптованої до нинішніх ринкових умов.

1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ТА РЕЗЕРВИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ НАСІННЄВИХ ПОСІВІВ РІПАКУ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1 Технологія вирощування ріпаку

Ріпак є цінною олійною культурою, площі вирощування якої суттєво розширилися, особливо за останні тридцять років. Так, в 90-ті роки минулого століття ріпаком засівали близько 100 тис. га, а нині площа посіву даної культури коливається в межах від 1,2 до 1,5 млн. га. При цьому, якщо раніше ріпак вирощували здебільшого як кормову культуру, то нині на насіння.

Більшість площ займають озимі посіви, близько третини від загальної площі – ярі посіви ріпаку. Однак, в окремі роки, за несприятливих кліматичних чинників, в результаті вимерзання посівів, доводилося пересівати посіви озимого ріпаку. Це збільшувало частку ярого ріпаку в загальній структурі посівів [1, 3].

Слід також відзначити, що в останні роки було досягнуто суттєвого підвищення урожайності з 15-20 ц/га до 25-30 ц/га на нинішній час. В ряді господарств збирають навіть до 35-40 ц/га насіння цієї олійної культури.

Разом з тим, урожайність культури залежить від багатьох чинників, зокрема і від погодних умов весняно-літнього періоду. Так, в умовах посушливого і спекотного 2024 року в багатьох господарствах продуктивність посівів озимого і ярого ріпаку суттєво не відрізнялася.

Ріпак є однорічною трав'янистою рослиною зі стрижневою кореневою системою, що досягає глибини до 3 м. Однак, переважна більшість коренів

локалізована в гумусному шарі. Рослини є досить вибагливими до умов вирощування, особливо вологості і родючості ґрунтів. Для їх вирощування кращими є райони з достатнім зволоженням та м'якими зимами з наявністю снігового покриву [2].

Разом з тим, озимий ріпак вважають холодостійкою культурою, оскільки насіння проростає при $+1-3^{\circ}\text{C}$. Однак, посіви озимого ріпаку не слід розміщувати у районах, де ґрунт взимку на глибині коренів промерзає понад -10°C .

Весною ріпак починає відростати за прогрівання ґрунту близько 3°C . Фаза бутонізації-цвітіння триває 22-25 днів, цвітіння до 30 днів, за кліматичних умов наближених до середньо багаторічних. При їх відхиленні, строки вегетації подовжуються чи скорочуються [2, 5].

Висота рослин в межах від 50-60 см до 120-150 см. Колір стебла від сизувато-зеленого до сизувато-фіолетового. Суцвіття – китиця. Плід стручок, насіння кулясте від світло-коричневого до червонувато-коричневого забарвлення. На весь органогенез ріпаку озимого від сходів до збирання урожаю необхідно в середньому 300-320 днів. Основні райони вирощування – це західні і центральні області України [2, 8].

Добрі врожаї отримують за високої вологозабезпеченості близько 500 мм під час вегетації культури. Посушливі умови негативно впливають як на ріст, так і на формування генеративних органів. За відсутності опадів у найбільш критичні періоди утворюється щупле, невиповнене насіння, та в цілому відбувається зниження продуктивності рослин.

Оптимальна глибина обробітку ґрунту - 5-8 см. Обробіток ґрунту передбачає – луцнення стерні, коткування, 2-3 разове дискування, вирівнювання поля шлейфами з посівними боронами. Потім ґрунт ущільнюють котками.

Перевагою поверхневого обробітку ґрунту є запобігання втратам вологи. Проте, залежно від регіону вирощування є певні особливості, ретельне дотримання яких є запорукою отримання високо-стабільних урожаїв. Зокрема рекомендовано проводити основний обробіток ґрунту за 20-30 днів до передпосівного.

Оранку під майбутні посіви ріпаку ярого також краще здійснювати восени, оскільки дотримання весною технологічних вимог якісної підготовки ґрунту є проблематичним [4, 5] .

Для ріпаку кращими попередниками вважають озимі колосові. Висівати насіння ріпаку рекомендовано після якісної підготовки ґрунту. При вирощуванні на насіння оптимальна норма становить від 4 до 6 кг на гектар [2, 5] .

В разі запізнення зі строками сівби, порівняно з оптимальними, зимостійкість рослин суттєво погіршується.

Ріпак є також вибагливою культурою до родючості ґрунту та системи удобрення. При цьому, простежується певна кореляція між окремими фазами органогенезу рослин і необхідністю елементів живлення. Так на початку вегетації рослини потребують більше азоту і незначно фосфору та калію [2, 8].

Максимальна потреба в елементах живлення настає перед цвітінням та фазу цвітіння. В цей період для оптимального розвитку рослин також необхідні такі елементи як калій, фосфор, кальцій, магній та деякі інші. Доцільно також внесення мікроелементів, зокрема бору та молібдену. Орієнтовні норми застосування макро- та мікродобрих добрив - $N_{60}P_{60}K_{90}$.

Весною доцільно провести розпушування міжрядь за широкорядного посіву - 45 см з підживленням посівів $N_{60}P_{30}K_{45}$.

За висівання насіння з шириною міжрядь 15 см зникає необхідність проведення міжрядних розпушувань ґрунту, а відповідно скорочується кількість технологічних операцій з механічного обробітку ґрунту [2, 5].

Позитивний вплив на продуктивність рослин відмічається також і від органічних добрив. Проте нині їх фактично не вносять під ріпак, тому не можливо зробити однозначних висновків. Можна лише оцінити післядію органічних добрив в разі їх практичного використання під інші культури, зокрема буряки цукрові. Однак, висівати ріпак після буряків недоцільно, зважаючи на істотну вищу потенційну ураженість гетеродерозом.

Насінники також рекомендують розміщувати по пласту багаторічних трав (люцерні, конюшині) . Однак площі цих культур зазнали різкого скорочення в останні роки, тому і не є актуальними для вибору. Аналогічно і щодо

рекомендацій посіву ріпаку по чистому пару. Здебільшого по цьому попереднику розміщують економічно вигідніші культури.

Крім перерахованих вище попередників, ріпак допустимо також розміщувати після кукурудзи. Норми внесення добрив – фосфорних і калійних становлять по 60 кг/га, азотні рекомендовано використовувати під передпосівну культивуацію до 90 кг/га. На початку вегетації доцільно посіви ярого ріпаку підживлювати азотними добривами з нормою внесення 30-45 кг/га.

Ріпак ярий, порівняно з озимим, має менше листків. Плід стручок. Ріпак відноситься до культур короткого дня. Рослини є невибагливими до тепла. Вегетаційний період ярого ріпаку складає 100-110 днів [1].

Резервом підвищення урожайності олійних капустияних культур є надійний захист від комплексу шкідників і хвороб, оскільки останні можуть зумовити втрати урожаю від 10 до 30%. Домінуючими шкідниками вважають хрестоцвітих блішок, ріпакового квіткоїда, ріпакового пильщика, ріпакового білана та ін.

Значних збитків ріпаку також завдають такі хвороби, як переноспороз, біла і сіра гниль, фомоз, альтернаріоз, слизистий бактеріоз та ін. [2, 7, 14].

До суттєвих втрат урожаю зумовлює також поширення в посівах бур'янів, зокрема пирію повзучого, осоту рожевого, грициків звичайних, ромашки непахучої, лободи білої, редьки дикої, мишію зеленого і сизого, березки польової, осоту жовтого та деяких інших видів сегетальної рослинності [14].

Разом з тим, на основі ретельного аналізу літературних джерел вважаємо, що серед багаточисельних шкідливих організмів ріпаку озимого та ярого, найменш дослідженими і проблемними є фітопаразитичні нематоди, оскільки в умовах нинішньої вузької спеціалізації вони здатні швидко накопичуватися та завдавати відчутних втрат урожаю.

1.2 Гетеродероз ріпаку та заходи щодо контролю чисельності бурякової нематоди

Перші відомості щодо виявлення бурякової нематоди *Heterodera schachtii* датовані другою половиною двадцятого століття, коли вперше її було виявлено в Німеччині. Потім бурякова нематода була зареєстрована в понад чотирьох десятках країн різних континентів [10].

В Україні її вперше було виявлено І.І. Корабом в 1923 році в Київській області. На той час площа поширення складала понад 100 тисяч гектарів.

Нині осередки бурякової гетеродери зустрічаються у 18 областях України, але зараз як і в ті роки найбільш заселеними є райони, де впродовж багатьох десятиліть вирощували бурякокультури [10, 11].

Більшість науковців вважають, що джерелами розселення є відходи цукрових заводів, знаряддя праці, технічні засоби. Проте значним джерелом пасивного поширення також є вітрова ерозія ґрунтів, а за надмірного випадання опадів також і водна ерозія.

Різде зниження урожаю переважно зумовлене значною концентрацією рослин-живителів не лише буряків, а і капустяних культур. За дуже сильної ураженості кореневої системи рослини відстають в рості і розвитку, листя має блідо-зелене забарвлення, яке передчасно відмирає особливо за посухи та тривалої відсутності опадів. Коренева таких уражених рослин набуває стану «бородатості», що доцільно враховувати при проведенні візуальних обстежень посівів на гетеродероз [10, 11, 38, 39].

В життєвому циклі бурякової нематоди виділяють такі фази: яйце, личинки 1 віку (розвиток в яйцевій оболонці без виходу в ґрунт); личинки 2 віку

(інвазійні) – заселяють корені рослин; личинки третього і четвертого віку – паразитуючі в коренях; дорослі особини – самиці і самці; циста – відмерла самиця заповнена яйцями (фаза анабіозу, для переживання несприятливих умов життя) [17, 21, 23, 27, 32, 34].

Паразитування нематод зумовлює порушення роботи фізіологічних процесів, що зумовлює зменшення листової поверхні, затримку росту і розвитку, і як наслідок зниження продуктивності і цукристості коренеплодів [10, 25, 27] (рис.1).



Рис. 1. Осередок ураження буряків цукрових гетеродерозом

Для економічного обґрунтування і оптимального вибору протнематодних заходів необхідно встановлення порогів її шкідливості залежно від рівня допосівної чисельності. Аналіз таких показників засвідчує їх певну залежність також від ґрунтово-кліматичних показників певних регіонів. Разом з тим, простежується певна закономірність вищих втрат урожаю за аналогічного рівня заселеності ґрунту буряковою нематодою в південних районах. Зокрема в Італії слід очікувати зниження урожаю вже при 150 личинках, а в країнах Європи близько 300-500 особин [20].

В Україні порогові показники знаходяться в межах 160-180 особин початкового зниження, а за економічний поріг шкідливості прийнято допосівну заселеність понад 200 яєць і личинок/100 см³ ґрунту.

Зі збільшенням рівня вихідної чисельності бурякової нематоди закономірно знижується урожайність буряків. Цукристість також знижується, проте не так пропорційно як маса коренеплодів. Зокрема, зниження цукристості здебільшого не перевищувало 3% порівняно з цукристістю урожаю коренеплодів, зібраних з ділянок, вільних від нематоди.

Насінники більш уразливі порівняно з фабричними посівами. Це зумовлено потужною надземною і навпаки слабо розвинутою кореневою системою рослин буряків другого року. В осередках гетеродерозу, зібране насіння відрізнялося низькою схожістю, енергією проростання, масою 1000 насінин та деякими іншими посівними показниками.

Відмічають також високу шкідливість і на капусті. При висаджуванні в осередках високої чисельності гетеродери рослин капусти відбувалася їх загибель уже на початкових фазах росту, що не давало змогу сформувати оптимальну густоту насаджень овочевих.

Різке збільшення посівних площ капустяних культур в останні, особливо в останні два десятиліття, вказують на доцільність розробки порогових показників втрат урожаю також і на інших капустяних культурах, першочергово озимому та ярому ріпаку.

Наявність в життєвому циклі цисти забезпечує її виживання впродовж багатьох років. Тому надзвичайно важливо не допустити попадання цист на поля

де вони не були виявленні раніше. Однак це є дуже складною задачею, тому що мікроскопічні розміри цист (близько 1 мм), а часто і незнання про наявні ознаки уражень рослин саме нематодами, які часто відносять на рахунок інших шкідливих організмів чи негативного впливу абіотичних факторів, не дають змоги правильно діагностувати гетеродерози рослин, а відповідно і своєчасно застосовувати протинематодні заходи [10, 24, 26].

Крім механічних засобів і навіть ручних при обробці ділянок, наприклад присадибного сектору, цисти здатні переноситися на забрудненому взутті, тваринами, при обміні садивним матеріалом, зокрема забруднених бульбах картоплі. Ця культура і не уражується буряковою нематою, проте бульби, які містять частки ґрунту, можуть також містити в ґрунті і цистоутворюючих нематод.

Доцільним є також уточнення впливу на розселення цист нематод пиловими бурями. Оскільки, особливо в останні роки, потоки повітря здатні переносити частки еродованого ґрунту на великі відстані. Дана проблема залишається актуальною особливо у районах, схильних до ерозій ґрунту.

Необхідні подальші дослідження щодо розповсюдження цист нематод із ґрунтом з цукрових заводів, який накопичується на місці тимчасового зберігання коренеплодів буряків цукрових, а особливо при змиву ґрунту з коренеплодів в технологічному процесі виробництва цукру.

Вважаємо також надзвичайно актуальним проведення досліджень потенційного розселення цист з бургтів дефекату, оскільки не завжди дотримуються рекомендовані терміни його тривалого витримування. Це може призводити до того, що разом з меліорантами відбувається і просторове розселення бурякової нематоди.

В плані контролювання цистоутворюючих нематод на першому місці були агротехнічні заходи [26, 28, 35]. Проте, в сучасних ринкових умовах, за різних обставин, не завжди можливе їх повноцінне використання. Так, в багатьох раніше виданих рекомендаціях пропонувалося проводити інтенсивний обробіток ґрунту з метою активації виплоджування інвазійних личинок, які в разі відсутності джерел живлення та витративши запас поживних речовин тіла,

гинуть. Однак, незважаючи на певну його ефективність, першочергово висока вартість паливно-мастильних матеріалів обмежує його практичне використання та змушує виробників переходити на більш дешеві і менш затратні технології безполицевого обробітку ґрунту.

Впровадження багатопільних сівозмін, які ефективно контролювали щільність популяцій за 4-5 річного вирощування невразливих рослин, що не сприяють розмноженню бурякової нематоди, також стало проблематичним. В переважній більшості нині господарств культури вирощують в короткоротаційних сівозмінах, часто з перервою між повторними посівами рослин-господарів всього 1-2 роки [11, 12, 14, 28].

В протинематодних сівозмінах не менше ніж трирічною перервою має бути насичення багаторічними травами і колосовими, а більш тривалою - із зерновими та олійними культурами (соняшником).

Вирощування однорічних трав, кукурудзи, сої не забезпечувало достатньо ефективного зниження чисельності бурякової гетеродери в коротких ланках сівозміни.

За вирощування впродовж п'яти років стійких до фітопаразита культур дозволяє контролювати високу початкову заселеність до 25000 яєць і личинок фітопаразита.

Отже, за дотримання п'яти-шестирічних термінів між повторними посівами культурних рослин-хазяїв масового накопичення популяції нематоди не відбувається.

Вважають особливо недоцільними посіви по посівам – капустяних та лободових культур, які зумовлюють особливо різке зниження наступної культури, попередником якої є рослини-живителі.

Так, головною проблемою нині є часто розміщення ріпаку на насіння в бурякових сівозмінах, досить часто уже заражених буряковою нематодою. Розміщення цих двох рослин-живителів в сівозмінах, особливо з короткою ротацією, призводить до значного накопичення популяції бурякової нематоди, коли на окремих угіддях їх вирощування стає нерентабельним.

В останні роки особливо збільшилися посівні площі ріпаку, переважно

озимого, як більш урожайного. Проте, значні площі займає також і ярий ріпак. Його часто висівають також на тих площах, де ріпак озимий погано перезимував, що і змушувало господарників повністю чи частково пересівати дану капустиану культуру [1].

Вирощування рослин-господарів в різні строки їх посіву також має певне значення особливо на зниження урожайності. Це першочергово пов'язано з їх біологічними циклами розвитку. Відомо, що личинки виходять із цист лише при досягненні температур вище 10 °С. За висіву насіння при нижчих температурах це зменшує інвазованість сходів, тому що інвазійні личинки продовжують перебувати в стані спокою. Проте, використання даного заходу також є ризикованим, оскільки в разі настання заморозків, що не завжди можливо передбачити, сходи рослин можуть загинути від низьких температур. Тому, в кожному разі це може бути як позитивним чинником, так і негативним.

Внесення у рекомендованих нормах мінеральних і органічних добрив позитивно впливає на загальний стан рослин і тим самим підвищує їх толерантність до різних несприятливих чинників, в тому числі паразитування фітонематод. Проте, відбулося деяке коригування їх норм, зумовлене зокрема значним скороченням, особливо органічних добрив, які фактично не застосовують навіть під буряки, а під інші культури і не планують їх використання.

Мінеральні також вносять не в повному об'ємі, досить часто здебільшого азотні, а не повний комплекс макродобрив (NPK) [14].

На позитивне значення органічних добрив, особливо підстилкового гною, вказують багато дослідників. Вважають, що вони активують розмноження біологічних ворогів нематод, які за оптимізації умов можуть уражувати як цисти, так і інвазійних личинок, що виплодилися із цист у ґрунт.

Перспективними в якості біологічних ворогів нематод вважають бактерій, хижих видів нематод, грибів та інших патогенів [6, 30, 31].

При цьому практичне значення першочергово мають особливо природні антагоністи, здатні уражувати цисти нематод. Це обумовлено тим, що інвазійні личинки лише впродовж нетривалого часу перебувають в ґрунті, а потім

проникають в рослину. Таким чином, тканини рослини захищають фітопаразита від ураження, що в цілому і ускладнює практичне використання біологічних ворогів проти популяцій цистоутворюючих нематод. Тому, незважаючи на певні лабораторні нароби та позитивні результати у вегетаційних дослідах так і не вдалося довести їх до практичної реалізації [37, 41, 42] .

Зокрема, суттєва складність оцінювання їх ефективності, а також і відсутність в достатній мірі стабільно позитивних результатів, не сприяє поки що активному впровадженню біологічного методу захисту у виробництво.

Разом з тим, ряд вчених вважають перспективним проведення досліджень у цьому напрямі, так як у ряді випадків ураження цист грибами перевищувало 50-60%. Враховуючи, що один тільки біологічний метод самостійно не може в нинішніх реаліях ефективно контролювати популяції нематод, вважають доцільним використовувати поєднання різних методів, зважаючи на переваги і недоліки кожного з них.

Отже, добрива мають першочергово сприяти оптимізації умов росту і розвитку рослин, які будуть витривалішими до ураження, а відповідно і забезпечувати вищу продуктивність рослин.

В деяких публікаціях вказують на нематодцидну дію азотних добрив, проте в нормах які багаторазово перевищують рекомендовані для певної зони та культури. Однак, зважаючи на високу вартість мінеральних добрив, малоймовірно що цей захід набуде широкого використання. Це може також призвести до забруднення вирощеної продукції нітратами, закислення ґрунтів та іншим негативним наслідкам для довкілля.

Поширення бур'янів в сучасних агроценозах є також одним із негативних чинників щодо накопичення чисельності нематод, навіть за відсутності культурних рослин-живителів. Зокрема, протинематодна ефективність сівозмін може суттєво погіршитися за високої засміченості полів бур'янами-живителями, які підтримують щільність популяції на високому рівні в перервах між повторними розміщеннями культурних рослин-господарів. До таких бур'янів першочергово відносять сегетальну рослинність родини капустяних і лободових.

Тому, знищення бур'янів є однією з умов досягнення високої ефективності протинематодних сівозмін [40].

Серед польових культур бур'янів найбільше в просапних культурах, особливо за широкорядних посівів. Однак і при вирощуванні культур суцільного посіву часто спостерігається досить висока їх забур'яненість.

Перехід особливо в останні десятиріччя на поверхневий обробіток ґрунту, за відсутності ефективного хімічного прополювання, зумовив зростання в багатьох господарствах рівня забур'яненості посівів також капустяними і лободовими бур'янами. Серед останніх домінують лобода біла, грицики звичайні суріпиця, талабан польовий та ряд інших.

Бур'яни забезпечують виживання видів нематод навіть за багаторічного вилучення із сівозмін буряків та ріпаку. Тому, ефективне знищення сегетальної рослинності має важливе фітосанітарне значення для досягнення біологічного очищення ґрунту від фітопаразитичних нематод, а відповідно заходи щодо контролювання бур'янової рослинності мають бути обов'язковими в сучасних агротехнологіях [14].

В попередні роки проти нематод використовували нематициди фумігаційної дії, а також гранульовані препарати системної дії (фурадан, темік, каунтер, гетерофос).

Фуміганти проявляють безпосередню дію на нематоду, а системні репелентну та контактну-системну, Вони здатні порушувати їх нервові функції, що дає змогу на певний час запобігти інвазуванню рослин. Проте висока токсичність та значні норми витрати особливо фумігантів до 1000 л на гектар не сприяли їх практичному впровадженню у виробництво. На теперішній час хіміні нематициди не зареєстровані і відсутні в «Переліку дозволених до застосування препаратів».

Тому, вважаємо доцільним в сучасних умовах використання препаративних форм, що проявляють нематицидні властивості в основному для передпосівної обробки насіння.

Так, протруєння насіння буряку цукрового Фураданом, 35% т.п. з нормою витрати 30 л/т запобігала інвазуванню коренів на початкових етапах росту рослин [10].

Порівняно з іншими способами хімічного захисту токсикація сходів за передпосівної обробки насіння є найменш витратним і разом з тим екологічно безпечнішим.

Разом з тим, аналіз першоджерел дає змогу стверджувати, що в сучасних умовах досягнення ефективного захисту як від фітопаразитичних нематод, так і інших шкідливих організмів, має базуватися на поєднанні різних методів [10, 11, 13, 14, 16, 18, 22, 37].

2. МІСЦЕ, УМОВИ ТА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Наші дослідження було проведено в Уладово-Люлинецькій дослідній станції Вінницької області, яка має дуже давню історію щодо наукових досліджень ще з кінця 19 століття. За морфологічними і фізико-хімічними показниками в загальному масиві станції переважають типові вилугувані малогумусні чорноземи з вмістом гумусу близько 4%; рН – 6,1-7,3; вмістом сполук фосфору – 128-164 та обмінного калію - 93-148 мг/кг ґрунту.

Кліматичні умови 2024 року вирізнялися помірною, близькою до багаторічних показників погодою в травні та на початку червня. Липень та серпень відзначалися жаркою спекотною погодою та дуже обмеженим і нерівномірним випаданням опадів. За таких екстремальних з підвищеним температурним режимом умовах продуктивність культур була дещо нижчою порівняно з минулорічними показниками.

Виявлення осередків гетеродерозів здійснювали в два етапи: спочатку візуально обстежували площі засіяні ріпаком, а також поля з буряками (цукровими та кормовими) та за ознаками ураження (пригнічення росту, передчасне відмирання листя, в'янення рослин, особливо за жаркої погоди, а також повна загибель рослин та утворення плішин).

Рослини із виявлених осередків викопували, обережно струшували ґрунт та діагностували кореневу систему на наявність білих самиць розміром близько 1 мм. Всі виявлені осередки наносили на схеми полів, де вказували площу зараження, особливості просторового розподілу по полю та ступінь інвазованості рослин. Проте візуальне обстеження можна було проводити і виявляти осередки гетеродерозу лише типових рослинах – господарях, зокрема родини капустяних та лободових.

Тому на тих полях де не вирощували ріпак чи буряки відбирали зразки ґрунту, висушували до повітряно-сухого стану, промивали та встановлювали заселеність за виділеними цистами бурякової нематоди. Для цього на першому етапі проби ґрунту відбирали за двома діагоналями, однак в подальшому використовували метод «конверту». Головною відмінністю від діагонального методу був відбір також по периметру 4-х сторін поля, оскільки як показали наші обстеження саме поряд з межуючими, рядом розміщеними полями, частіше всього зустрічалися осередки уражених рослин.

Зразки ґрунту відбирали за допомогою ґрунтового бура, що представляє собою трубку з косо зрізаною вершиною (рис. 2). Оскільки ми не завжди знали історію полів і культури які на них вирощувалися в попередні роки, ґрунтові проби брали на глибину до 30 см. Згідно, наших досліджень саме до цієї глибини було поширено по вертикальному профілю понад 90 відсотків популяції бурякової нематоди

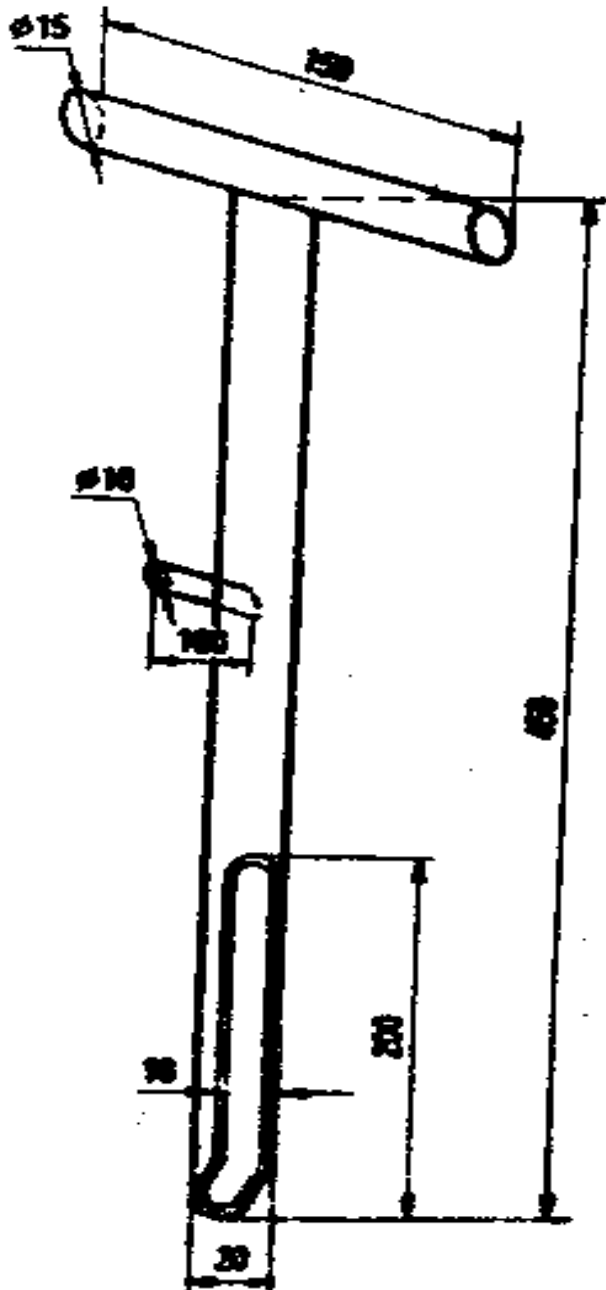


Рис. 2. Бур для відбору ґрунтових нематологічних зразків

Для виділення цист рекомендовано декілька способів залежно від наявності нематологічного обладнання. Найдоступніший спосіб, використання ємностей об'ємом 1л, лійок і фільтрувального паперу. Сутність його в наступному: від середнього доведеного до повітряно-сухого стану ґрунту беруть наважку об'ємом 100 см³, яку висипають в банку 1л, заливають більше половини об'єму, розмішують і дають відстоятися впродовж 1-2 хвилин. Ґрунт осідає на дно, а цисти, навпаки спливають на поверхню води. Надалі верхню частину води зливають на попереньо-вкладний в лійку паперовий фільтр. Після повного проціджування води, фільтр знімають і проглядають під бінокляром на

З метою отримання морфо-анатомічної будови нематод без зміни як зовнішньої, так внутрішньої будови для подальших досліджень доцільно чітко дотримуватися відповідних рекомендацій щодо фіксування та виготовлення мікропрепаратів нематод [15, 29, 36].

З метою детального дослідження анатомічної будови застосовували розчин метиленової синьки. Для цього нематод поміщали у розчин метиленової синьки. Температура розчину має бути в межах 55-60 °С. Термін витримування нематод до 5 хвилин. Дана методика дає змогу змінити забарвлення анатомічної будови, зокрема травна система стає зеленуватою, статеві – синювато-ліловою, інші органи – синіми чи насичено ліловими.

Для виготовлення мікропрепаратів бурякової нематоли їх поміщали в гліцерин-желатиновий розчин, навколо якого розміщували волокна скляної вати і накривали скельцями для запобігання висихання та підписували.

Досліди щодо оцінки ефективності протруйників насіння здійснювали відповідно до «Методи випробування і застосування пестицидів» К. Світ. 2001р., також вказівок щодо досліджень окремих препаратів [9].

Норма витрати досліджених препаратів становила 6 л/т насіння. Робочої рідини – 15 л/т. Обробку насіння здійснювали безпосередньо перед висіванням ріпаку. Встановлювали вплив препаратів на польову схожість насіння. Оцінювали також прояви імовірної їх фітотоксичності та тривалість захисної дії. Обліки проводили через 3; 7 і 14 діб. Урожай збирали зі всієї дослідної ділянки. Площа ділянок – 100 м². Повторність – чотирикратна.

Господарську (урожайність по варіантам досліду порівняно з контролем), а також економічну ефективність, зокрема чистий дохід, окупність витрат тощо оцінювали за загальноприйнятими методиками та за цінами на насіння ріпаку, які ринково склалися в 2024 році.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Особливості просторового поширення та вертикально-грунтового розподілу цист бурякової нематоди

Просторовий розподіл цистоутворюючих нематод по площі першочергово залежав від особливостей первинного заселення певних агроценозів. Досить часто зустрічалися фітоценози, які характеризувалися високим ступенем заселеності межуючих поряд ділянок. Це може свідчити, що рядом розміщена при заселенні однієї з них, також інвазувалася при проведенні механічного обробітку ґрунту і переїздах технічних засобів з одного поля на інше.

Проте, найімовірніше розселення відбулося завдяки вітровій ерозії, оскільки ми неодноразово спостерігали переміщення пилових мас із сусідніх полів, розділених лише польовою дорогою. В зв'язку з тим, що угіддя були схильні до вітрової ерозії ґрунту, вважаємо даний спосіб просторового поширення цист нематод переважаючим (рис. 3).



Рис. 3. Просторово-осередковане поширення гетеродерозу на посівах ріпаку

Відбір зразків ґрунту з знарядь праці, після виконання технологічних операцій, особливо після випадіння опадів, був забрудненим та містив цисти нематод. Це засвідчує, що засоби механічного обробітку ґрунту є також потенційними джерелами розселення цист. При цьому, із знаряддями праці, розселення може відбуватися на істотно більшу відстань.

Таблиця 1

**Особливості вертикального розподілу цист в малогумусному чорноземі
після вирощування ріпаку**

Проша- рок грунту, см	Середня чисельність цист у 100 см ³ ґрунту			
	Ріпак озимий		Ріпак ярий	
	Екз.	%	Екз.	%
0-10	7,2	26,9	8,1	33,8
11-20	14,9	55,2	12,7	52,9
21-30	3,6	13,1	2,3	9,6
31-40	1,3	4,8	0,9	3,7
41-50	0	0	0	0

Результати нашого обстеження також показали, що чим вища вихідна зараженість тим давнішим відбулося формування осередків. Також про тривалість існування осередків свідчить і площа розселення гетеродерід по полю. Зокрема, ті угіддя, де було відомо про їх зараженість впродовж багатьох років, характеризувалися широким розселенням популяції бурякової нематоди. В ряді випадків гетеродерозна площа становила понад 50% від загальної обстеженої площі угідь. Тоді, як на полях з дуже низькою вихідною чисельністю, дрібні осередки зустрічалися переважно з країв поля чи були розкидані в різних місцях. Однак їх площа здебільшого не перевищувала декілька соток чи навіть метрів квадратних.

Нами також встановлено деякі закономірності розподілу цист за вертикальним розподілом ґрунту, залежно від вирощування певних рослин живителів. Так, на тих полях, де вирощували буряки цукрові, цисти нематод були розподілені на глибину до 40 см. При цьому найбільше цист було виділено з гумусних горизонтів до 20 см, проте і в прошарку 21-30 см їх щільність була також значною. Тоді, як на глибині до 40 см зустрічалися лише поодинокі особини (табл.1).

В сівозміні, на полях, де впродовж останніх років сіяли ріпак, цисти по вертикальному профілю ґрунту були розподілені в основному на глибину до 30

см. При цьому, переважна їх більшість була локалізована в поверхневих горизонтах до 20 см, зокрема $(26,9+55,2) = 82,1\%$ після вирощування ріпаку озимого і $(33,8+52,9) = 86,7\%$ популяції після ріпаку ярого .

Проведені нами дослідження дозволяють рекомендувати виробництву відбір ґрунтових зразків на полях з капустяними олійними культурами до 20 см, а на угіддях, де впродовж багатьох років вирощували буряки цукрові до 30 см.

Деякі з учених вказують на більш масове накопичення чисельності популяції на буряках в рядках, в максимальній близькості до рослин. В наших дослідженнях, на посівах ріпаку, такої залежності не відмічено. За період вегетації деякі дрібні осередки розширилися, але на мінімальну відстань – до 30 см.

Вважаємо також доцільним відмітити, що в разі виявлення осередків гетеродерозу слід також діагностувати рядом розміщені у зв'язку з їх потенційною заселеністю, зумовленою переносом цист нематоди вітровою ерозією ґрунту чи знаряддями праці при переїздах з поля на поле, часто на суміжні поля.

3.2 Фенологія та тривалість онтогенезу бурякової нематоди на ріпаку озимому та ярому

Біоекологічні особливості розвитку бурякової нематоди нами досліджено як на озимому, так і ярому ріпаку. При цьому відмічено як певні закономірності, зокрема проходження життєвих циклів, так і деякі відмінності, обумовлені термінами вегетації, метеорологічними умовами тощо.

Нами встановлено, що інвазування ріпака озимого відбувається ще в осінній період по мірі з'явлення сходів в кінці вересня 2023 року. Тривала відсутність опадів затримала появу сходів, а також інтенсивність інвазованості

сходів. На початкових етапах розвитку виявляли лише поодиноких личинок в коренях молодих рослин.

Після випадіння опадів, заселеність рослин дещо збільшилася, проте була відносно незначною до 10-12 личинок на одну рослину ріпаку. Ймовірно це також зумовлено зниженням середньодобових температур до +12-14 °С.

Впродовж жовтня, початку листопада відбувалося також інвазування рослин, однак його інтенсивність була мінімальною. За зниження температур, особливо в нічну пору до мінусових значен, личинки з цист не виплоджувалися.

Таким чином, результати наших досліджень засвідчують, що в осінній період як інтенсивність виходу личинок із цист, так і заселення кореневої системи ріпаку відбувалося поступово не досягаючи критичних значень для росту і розвитку рослин. Затримки росту, пригнічення їх розвитку в осінній період ми не спостерігали.

Відбір зразків рослин ранньою весною і їх наступний аналіз засвідчив, що личинки з рослин що перезимували не виділялися. Це вказує, що личинки не перезимовують і гинуть. Проте, в подальших дослідженнях на окремих рослинах озимого ріпаку виявляли поодиноких самиць на 6-8 днів раніше, порівняно із масовим їх завершення розвитку. Отримані дані, вказують, що окремі поодинокі особини все таки виживали, зважаючи на відносно теплі зими останніх років.

Враховуючи, що основний цикл розвитку бурякової нематоди відбувається у весняно-літній період для уточнення особливостей на озимому і ярому ріпаку нами представлено саме ці періоди їх онтогенезу (рис.4).

	Квітень			Травень			Червень			Липень			Серпень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Ріпак озимий	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉
		☉☉	☉☉	☉☉	☉☉	☉☉		☉☉	☉☉	☉☉	☉☉				
			☉☉☉	☉☉☉	☉☉☉	☉☉☉	☉☉☉		☉☉☉	☉☉☉	☉☉☉	☉☉☉			
				☉☉☉	☉☉☉☉	☉☉☉☉	☉☉☉☉	☉☉☉☉		☉☉☉☉	☉☉☉☉	☉☉☉☉	☉☉☉☉		
					♀	♀	♀	♀	♀		♀	♀	♀	♀	
					♂	♂	♂	♂	♂		♂	♂	♂	♂	
											♂	♂	♂	♂	

							⊕	⊕	⊕	⊕		⊕	⊕	⊕	⊕
								⊕	⊕	⊕	⊕		⊕	⊕	⊕

	Квітень			Травень			Червень			Липень			Серпень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Ріпак ярий	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
				⊕	⊕	⊕			⊕	⊕	⊕				
					⊕	⊕	⊕			⊕	⊕	⊕			
						⊕	⊕	⊕			⊕	⊕	⊕		
							⊕	⊕	⊕			⊕	⊕	⊕	
							♀	♀	♀			♀	♀	♀	
							♂	♂	♂			♂	♂	♂	
								⊕	⊕	⊕			⊕	⊕	⊕
									⊕	⊕	⊕			⊕	⊕

Рис. 4 . Фенологія бурякової нематоди на ріпаку

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

В умовах 2024 року початок заселення коренів розпочався у другій декаді квітня. За наявності вегетуючих рослин озимого ріпаку визначальним чинником впливу на виплодження відігравали погодні умови. В цей період ґрунт уже прогрівся вище 10°C, що в поєднанні з кореневими виділеннями рослини-живителя активували їх вихід із цист. Однак, за відносно невисоких температур в другій і третій декадах квітня відбувалося поступове заселення кореневої системи ріпаку озимого.

Інтенсивність виплодження, а відповідно і інвазованість коренів зростає за температур вище 15 °C в середині травня.

Температурний режим був визначальним і в подальший період розвитку личинкових фаз третього і четвертого віків а також і дорослих особин самиць і самців.

Відкладання яєць самицями розпочалася в першій декаді червня, а середині другої і формування цист. В цей період зареєстровано також початок відкладання яєць самицями першої генерації. За температурного режиму ґрунту 22-26 °С розвиток відбувався за коротший термін. Так уже на початку другої декади серпня відмічено початок завершення другої генерації бурякової гетеродери.

На ріпаку ярому початкове заселення коренів відбувалося майже на два тижні пізніше, що зумовлено лише в цей період появою сходів. Проте, інтенсивність їх заселення була вищою, оскільки температури в цей період уже досягали 12-15 °С. За вищих середньодобових температур і в наступні періоди органогенезу ріпаку, онтогенез бурякової нематоди також протікав швидше. Отже домінуючими чинниками впливу на тривалість розвитку були середньодобові температури, чим вони вищі тим менша тривалість онтогенезу.

Розвиток другої генерації за тривалістю істотно не відрізнявся від циклу розвитку на ріпаку озимому, що обумовлено подібним температурним режимом літніх місяців з незначними їх відхиленнями за календарними строками.

Отже, за період вегетації як озимого, так і яркого ріпаку бурякова нематода встигає завершити дві генерації (табл. 2). На озимому ріпаку за середньодобової температури 16,9 °С розвиток першої генерації тривав 68 днів, тоді як на ярому за температури 17,8 °С – 59 днів, другої генерації на озимому за середньодобової температури 19,4°С – 47 днів, а на ярому відповідно за температури 19,7°С – 45 днів. Сума ефективних температур вище 10°С на озимому ріпаку на онтогенез однієї генерації була в межах 442-469°С, а на ярому – 436-460°С.

Деяке зміщення в календарних строках завершення онтогенезу, особливо першої генерації на озимому ріпаку, зумовлене більш ранніми термінами інвазії сходів весною.

За тривалістю розвитку другої генерації нематоди істотних відмінностей між ярим і озимим ріпаком не встановлено.

Календарні строки формування білих самиць на коренях ріпаку є оптимальними для діагностування ураження рослин гетеродерозом.

Згідно наших досліджень моніторинг виробничих посівів на заселеність буряковою нематодою, в періоди масової появи самиць на коренях, доцільно

проводити впродовж другої-третьої декад червня та в кінці липня, початку серпня (рис.5).



Рис. 5. Білі самиці на кореневій системі уражених рослин

Таблиця 2

Тривалість розвитку та кількість генерацій бурякової нематоди на ріпаку

(Уладово-Люлинецька ДСС Вінницької області, 2024 р.)

Ріпак	Генерації	Сума ефективних температур, >10°C	Середньодобова температура, °C	Тривалість розвитку, днів
Озимий	1	469	16,9	68
	2	442	19,4	47

Ярий	1	460	17,8	59
	2	436	19,7	45

3.3 Рівні шкідливості бурякової нематоди на ріпаку

Прогнозування шкідливості фітопаразитичних нематод ускладнено як їх мікроскопічними розмірами, так і відсутністю проявів візуального ураження за дуже низьких початкових щільностей популяції. Це призводить до того, що з дрібних осередків бурякова продовжує розселятися по всій площі ще впродовж багатьох років і лише з часом за її масового накопичення втрати врожаю можуть сягати 20-30 відсотків і навіть більше. Тому, своєчасне виявлення осередкованого ураження є однією з умов запобігання подальшого розселення та потенційних втрат урожаю.

Розробка рівнів втрат урожаю залежно від допосівної чисельності є також основою для економічного обґрунтування протинематодних заходів, зважаючи

на різні витрати на їх проведення залежно від вартості обладнання, засобів захисту рослин, використання техніки тощо.

Для встановлення порогових величин втрат урожаю нами в польових умовах завчасно на основі детального обстеження були виділені ділянки з різною вихідною чисельністю бурякової нематоди від декількох десятків особин в межах 24-52 яєць і личинок/100 см³ до дуже високої чисельності понад 3000 яєць і личинок/100 см³ ґрунту.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що за допосівних чисельностей до 500 яєць і личинок візуальні симптоми ураження на рослинах не діагностуються, однак зниження урожаю насіння на час збирання ріпаку проявлялося.

Зі збільшенням рівня вихідної заселеності зростали і потенційні втрати урожаю. Зокрема простежується певна кореляція між початковою заселеністю і рівнем зниження продуктивності рослин. При цьому, більш високі втрати урожаю за аналогічних щільностей популяції відбуваються на ярому ріпаку порівняно з озимим. На нашу думку, це пов'язано з тим, що сходи ріпаку ярого співпадають з масовим інвазуванням їх личинками нематод, тоді як рослини озимого ріпаку, що перезимували мали три-чотири пари листків, були добре розвинені, а відповідно і більш витривалі до нематод.

За більш високих допосівних щільностей дана тенденція зберігалася, що засвідчує більш високу витривалість озимих порівняно з ярими посівами. Найбільш критичними для органогенезу рослин були періоди тривалої відсутності опадів за високих температур понад 30°C, оскільки коренева система не забезпечувала в достатній мірі надходження води, що зумовлювало передчасне відмирання листової поверхні. Наслідком цього було порушення фізіологічних процесів уражених рослин. Локальне відмирання гетеродерозних рослин зумовлювало утворення «плішин», що також слід використовувати при нематологічних обстеженнях посівів, оскільки це вказує на дуже високу заселеність угідь (рис.6).



Рис. 6. Осередок гетеродерозу ріпаку

Втрати урожаю ріпаку залежно від допосівної щільності, розраховані нами на основі отриманих експериментальних досліджень наведено в табл. 3.

Таблиця 3

**Зниження урожаю насіння ріпаку залежно від рівня допосівної заселеності
грунту буряковою нематодою**
(Уладово-Люлинецька ДСС Вінницької обл., 2024 р.)

Допосівна чисельність, яєць і личинок/100 см ³ грунту	Втрати врожаю ріпаку			
	Озимий		Ярий	
Показники	ц/га	%	ц/га	%
1-250	29,6	0	22,4	0%
251-350	29,3-28,1	1-5	22,1-20,2	1-10
350-700	27,8-26,7	6-10	19,8- 19,1	11-14
701-1500	26,4-25,2	11-15	18,7-17,6	15-21
1501-3000	24,9-22,3	16-25	17,4-15,2	22-32

Початкове зниження урожайності відмічається при заселеності ґрунту перед посівом культури понад 250 яєць і личинок/100 см³. За чисельності в межах 250-350 особин втрати врожаю озимого ріпаку були в межах 1-5%, тоді як ярого досягали 10%. Аналогічна закономірність спостерігалася і з подальшим збільшенням рівня заселеності. Так, при показниках 350-700 яєць і личинок/100 см³ ґрунту зниження урожайності озимого ріпаку становило в межах 6-10%, а ярого 11-14%. За вихідної заселеності ґрунту 701-1500 яєць і личинок втрати врожаю насіння озимого склали 11-15%, а ярого 15-21%. В сильно заселених осередках за допосівної чисельності 1501-3000 яєць і личинок/100 см³ ґрунту зниження врожаю озимого ріпаку в межах 16-25%, а ярого - 22-32% відповідно.

Отримані дані щодо рівнів шкідливості дозволяють нам обґрунтовувати доцільність використання певних заходів, залежно від їх сумарних витрат та від

прогнозованих потенційних втрат урожаю в перерахунку їх на ринкову вартість насіння з врахуванням показників поточного року.

3.4 Протинематодна ефективність домінуючих сільськогосподарських культур

Науково-обґрунтоване чергування культур за дотримання рекомендованих термінів повернення рослин-живителів на попереднє поле забезпечує стримування масового накопичення бурякової нематоди. Однак, в сучасних умовах, воно не виконується, оскільки господарства перейшли на сівозміни з короткою ротацією. Порівняно з багатопільними сівозмінами, де перерва між вирощуванням культур-господарів складала 4-6 років, в сучасних сівозмінах

вона здебільшого не перевищує 3-х років. В останні десятиліття фітосанітарне значення сучасних агроценозів ще більше ускладнилося у зв'язку з насиченням сучасних сівозмін окрім буряків також і ріпаком.

Вирощування в осередках несприйнятливих для розмноження культур є доступним заходом, який не вимагає значних витрат на впровадження як у великих агрофірмах, так і фермерських господарствах. Єдине, що він має забезпечувати – це високу рентабельність, а також попит на дану культуру. Тому, метою нашої роботи було здійснити оцінку протинематодної ефективності ряду культур з метою включення найбільш ефективних в ланки сівозміни.

Ефективність зниження заселеності оцінювали за порівняння вихідної і післязбиральної чисельності бурякової нематоди після їх вирощування. Ефективність цього методу полягає в наступному. Личинки під дією температури, вологості, а також і кореневих виділень виходять із цист проте не здатні проникати в корені рослин-нехазяїв, а відповідно і завершувати цикл розвитку. В результаті це призводить до зниження рівня заселеності ґрунту.

Нами встановлено, що найбільше біологічне очищення ґрунту забезпечували озимі культури, зокрема пшениця озима та ячмінь озимий (45,3-48,1%). Дещо менше знижували заселеність ґрунту пшениця яра та соя у межах 40,4-42,1% (табл. 4).

Таблиця 4

Зниження заселеності ґрунту при вирощуванні несприйнятливих для розмноження бурякової нематоди сільськогосподарських культур
(Уладово-Люлинецька ДСС Вінницької обл., 2024 р.)

№	Культура	Чисельність бурякової нематоди, яєць+личинок/100 см ³ ґрунту		
		Допосівна	Післязбиральна	Зниження чисельності,

				%
1	Пшениця озима	1267	658	48,1
2	Пшениця яра	1138	677	40,4
3	Ячмінь озимий	1329	726	45,3
4	Кукурудза на зерно	1283	804	36,3
5	Соняшник	974	598	38,6
6	Соя	832	481	42,1
7	Гречка	1046	673	35,7

При вирощуванні таких культур як кукурудза на зерно, соняшник, гречка зниження допосівної чисельності в порівнянні з післязбиральною складало від 35,7% до 38,6%.

Разом з тим, слід відзначити, що жодна із досліджених культур не забезпечила очищення ґрунту до економічно-невідчутних значень за один період вегетації. Отже, ефективного очищення ґрунту можна досягнути лише за їх тривалого вирощування в ланках сівозміни чи вилучення на певний час із сучасних сівозмін з короткою ротацією рослин-живителів: ріпак та буряк. Оскільки це також, не завжди можливо за експортно-орієнтованого вирощування певних культур, зокрема ріпаку на насіння, виникає необхідність агротехнічні заходи доповнювати також і хімічними.

3.5 Технічна та господарська ефективність сучасних протруйників насіння ріпаку

Понад десятикратне збільшення в останні роки посівних площ ріпаку сприяли масовому розмноженню спеціалізованих фітофагів. Для більшості культур найбільш критичною фазою органогенезу є фаза сходів. Пошкодження в цей період зумовлюють випадання рослин, що не забезпечує їх оптимальну густоту стояння.

За локальної загибелі такі ділянки з часом засмічуються бур'янами, що також вимагає проведення додаткових хімічних обробок. Таким чином зростають загальні затрати на захист рослин, знижується урожайність та якість продукції. Зокрема урожай із сильно забур'янених посівів доцільно було доочищати, що також підвищувало загальні затрати, а відповідно і знижувало рентабельність культури.

Використання протруйників нині є найбільш рентабельним способом використання засобів захисту рослин. За локального нанесення препаратів на насіння сходи стають токсичними для фітофагів. В разі їх пошкодження це призводить до загибелі шкідників, що дає змогу захистити посіви на початку їх росту. Разом з тим, цей захист не є тривалим, тому його слід використовувати при не дуже значній заселеності ґрунту буряковою нематодою, а ще краще комбінувати з іншими методами, зокрема агротехнічними прийомами для зниження дуже високої чисельності до середніх та низьких значень. За такого поєднання досягається більш висока ефективність також і від застосування хімічних чи біологічних препаратів.

Таблиця 5

**Технічна і господарська ефективність передпосівної обробки насіння
ріпаку ярого сучасними протруйниками**
(Уладово-Люлинецька ДСС Вінницької обл., 2024 р.)

Варіант дослідження	Норма витрати, л/т	Середня чисельність, яєць і личинок/100 см ³ ґрунту		Технічна ефективність, %	Урожайність, ц/га
		вихідна	післязбиральна		
Контроль	-	716	2974	-	21,6

Кайзер (д.р. тіаметоксам)	6,0	689	1783	37,6	23,8
Лайнер (д.р. імадоклоприд)	6,0	742	2184	29,3	23,2
Тіатрин (д.р. тіаметоксам + бета цифлутрин)	6,0	728	1721	43,1	24,1
НІР ₀₅					1,17

Враховуючи, що в сучасному «Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до застосування в Україні» відсутні зареєстровані хімічні нематициди, метою наших досліджень було оцінити протинематодну ефективність сучасних протруйників насіння ріпаку.

Вихідна заселеність буряковою нематодою ділянок перед закладанням дослідів була в межах 689-728 яєць і личинок/100 см³ ґрунту, що перевищує економічний поріг шкідливості. Обробку насіння препаратами проводили безпосередньо перед висівом насіння.

Для досліджень було використано наступні протруйники: Кайзер (д.р. тіаметоксам, 350 г/л); Лайнер (д.р. імадоклоприд, 600 г/л); Тіатрин (д.р. тіаметоксам 500 г/л) + бета цифлутрин - 50 г/л). В першому протруйникові діюча речовина – тіаметоксам, другому - імадоклоприд і третьому містилося дві діючі речовини – тіаметоксам+ бета цифлутрин. В контролі висівали необроблене насіння. Норма витрати протруйників на всіх варіантах дослідів складала -6,0 л/т, робочої рідини -15 л/т. Розміри дослідних ділянок -100 м², повторність – чотирикратна (табл.5) .

Обробка насіння в рекомендованих нормах негативно не впливала на польову схожість ріпаку. Не було виявлено також і проявів фітотоксичності за використання препаратів у вище наведених нормах.

Встановлено, що токсикація сходів, шляхом нанесення діючих препаративних форм знижувала рівень заселеності сходів, особливо на початкових етапах вегетації ріпаку, що було підтверджено нами періодичним

відбиранням рослин і виділенням інвазійних личинок із коренів лійковим методом Бермана.

Встановлено, що ефективна захисна дія тривала до трьох тижнів. Оскільки дані препарати зареєстровані як протруйники насіння інсектицидої дії, згідно наших досліджень пошкодження капустяними блішками було візуально майже не помітним.

Інвазованість сходів личинками, особливо перші 7 днів також залишалася на мінімальному рівні. З коренів ріпаку виділяли лише поодинокі личинки. Проте, з часом, особливо через місяць, заселеність сходів почала збільшуватися у всіх варіантах досліду. Разом з тим вона була меншою порівняно з контролем, де висівали необроблене насіння.

Дана залежність зберігалася і в подальший період досліджень. В результаті, післязбиральна чисельність на дослідних варіантах також перевищувала допосівну, що обмовлено подальшим розмноженням популяції після завершення ефективної токсичної дії досліджених препаратів. Однак, післязбиральна чисельність нематод в контролі була вищою порівняно з дослідними ділянками, де посів проводили обробленим насінням.

При розрахунках технічної ефективності використовували формулу з внесенням поправок на ступінь розмноження в контролі (без обробки насіння) в порівнянні зі зміною щільності популяції в дослідних варіантах:

$$T_e = 100 \left(1 - \frac{T_a \cdot C_b}{T_b \cdot C_a} \right),$$

де T_e – технічна ефективність протруйників, %

T_a – чисельність нематод після обробки в дослідних варіантах, яєць і личинок/100 см³ ґрунту;

T_b – чисельність нематод до обробки в дослідних варіантах, яєць і личинок/100 см³ ґрунту;

C_a – чисельність нематод у контролі в подальших обліках,

яєць і личинок/100 см³ ґрунту;

Св – чисельність нематод у контролі перед закладанням досліду,

яєць і личинок/100 см³ ґрунту.

Серед досліджених нами протруйників насіння дещо вищу ефективність забезпечили препарати з вмістом діючої речовини- тіаметоксам, особливо протруйника Тіатрин, склад якого включав дві діючі речовини - тіаметоксам+ бета цифлутрин - 43,1%, а також протруйника Кайзер (діюча речовина- тіаметоксам) - 37,6%. Дещо нижчою була протинематодна ефективність протруйника насіння Лайнер (діюча речовина – імадоклоприд) – 29,3%. Отже, наші дослідження дозволили встановити, що всі випробувані протруйники проявляли окрім інсектицидних також і нематодцидні властивості.

Зниження рівня заселеності сходів нематодами забезпечило в кінцевому результаті також і вищу урожайність насіння ріпаку, особливо у варіанті досліду із застосуванням для передпосівної обробки – препарату Тіатрин (д.р. тіаметоксам 500 г/л) + бета цифлутрин - 50 г/л) з нормою витрати 6 л/ т насіння - 24,1 ц/га.

У варіанті досліду із використанням для передпосівної обробки насіння протруйника Кайзер (д.р. тіаметоксам, 350 г/л) з аналогічною нормою витрати урожайність склала - 23,8 ц/га, а при застосуванні для обробки насіння ріпаку – Лайнер (д.р. імадоклоприд, 600 г/л) – 23,2 ц/га. В контролі урожайність становила - 21,6 ц/га.

Отже, передпосівна обробка посівного матеріалу сучасними протруйниками є ефективним способом захисту сходів та забезпечує отримання додатково збереженого урожаю в межах 1,6-2,5 ц/га. Тому, може бути рекомендована в якості протинематодного захисту початкових фаз росту та розвитку рослин ріпаку.

3.6 Економічна оцінка протинематодної ефективності протруйників насіння ріпаку (Уладово-Люлинецька ДСС Вінницької обл., 2024 р.)

Ріпак є цінною як олійною, так і кормовою культурою. В Україні це також одна із важливих і рентабельних експортно-орієнтованих культур. Насіння містить близько 50% жиру, 20-25% білку, до 6% клітковини, збалансований за складом вміст амінокислот.

Ріпакову олію використовують як харчову для виробництва маргарину, майонезів та різних приправ, на технічні потреби, першочергово для

виробництва фарб, пральних порошків, мила, а останнім часом як джерело біопалива.

Результати нашої економічної оцінки ефективності протруйників насіння як одного із резервів збільшення валових зборів ріпаку, засвідчують високу рентабельність виробництва і окупність витрат на захист рослин.

В 2024 році середня ринкова ціна ріпаку становила близько 20 тис. грн. (19776 грн/т насіння).

Передпосівна обробка насіння протруйником Кайзер (д.р. тіаметоксам), 6 л/т забезпечила отримання на 2,2 ц/га вищого урожаю порівняно з контролем (без обробки посівного матеріалу). За використання для протруювання насіння препарату Лайнер (д.р. імадоклоприд), з аналогічною нормою витрати - 6 л/т додатково збережено – 1,6 ц/га урожаю. При застосуванні для передпосівної обробки насіння протруйника Тіатрин з двома діючими речовинами (д.р. тіаметоксам + бета цифлутрин), 6 л/т - додатково отримано 2,4 ц/га насіння.

В грошовому еквіваленті до ринкових цін поточного року, вартість збереженого урожаю у варіанті досліді із використанням протруйника Кайзер склала: $2,2 \text{ ц/га} * 19776 \text{ грн/т (ринкова ціна насіння)} = 4350,7 \text{ грн.}$, відповідно за використання протруйника Лайнер (д.р. імадоклоприд), 6 л/т – 3164,2 грн., а при застосуванні протруйника Тіатрин (д.р. тіаметоксам + бета цифлутрин), 6 л/т - 4943,9 грн (табл. 6).

Додаткові витрати на придбання препаратів, оплату праці на передпосівну обробку насіння, а також на збирання додатково отриманого урожаю становили: по варіантам досліді із використанням протруйника Кайзер (д.р. тіаметоксам), 6 л/т – 389,12 грн/га, а протруйників Лайнер (д.р. імадоклоприд) та Тіатрин (д.р. тіаметоксам + бета цифлутрин) з аналогічними нормами витрати - 297,14 грн і 392,5 грн відповідно.

Чистий дохід розраховували як різницю між вартістю збереженого урожаю та сумарними затратами на захист рослин, включаючи оплату праці на збирання та перевезення додатково-отриманого урожаю. Зокрема, за передпосівної обробки насіння протруйником Кайзер (д.р. тіаметоксам), 6 л/т чистий дохід

становив: 4350,7 грн (вартість збереженого урожаю) – 389,12 грн (всього витрат на захист рослин) = 3961,58 грн.

Аналогічно були розраховані показники чистого доходу варіантів досліду за передпосівної обробки насіння протруйником Лайнер (д.р. імадоклоприд) та протруйником Тіатрин (д.р. тіаметоксам + бета цифлутрин), що склали відповідно 2867,06 грн і 4490,98 грн. Отже, згідно розрахунків, найвищий дохід було отримано за передпосівної обробки насіння протруйником Тіатрин (д.р. тіаметоксам + бета цифлутрин), 6 л/т - 4490,98 грн.

Разом з тим, найвищої окупності витрат – 10,6 грн. на одну витрачену грн на захист рослин, було досягнуто за передпосівної обробки насіння ярого ріпаку протруйником Кайзер (д.р. тіаметоксам), 6 л/т, що обумовлено меншою вартістю препарату (табл.6).

Високу окупність витрат на захист рослин забезпечили також протруйники Лайнер (д.р. імадоклоприд), 6 л/т - 9,64 грн та Тіатрин (д.р. тіаметоксам + бета цифлутрин), 6 л/т - 9,92 грн.

Отже, статистична обробка отриманих нами експериментальних даних засвідчує доцільність використання сучасних протруйників насіння для захисту початкових фаз росту ярого ріпаку від інвазування личинками бурякової нематоди з метою формування оптимальної густоти сходів, а відповідно і вищої урожайності культури за вирощування в осередках гетеродерозу.

Таблиця 6

3.7 Економічна оцінка протинематодної ефективності сучасних протруйників насіння ярого ріпаку

(Уладово-Люлинецька ДСС Вінницької обл., 2024 р.)

Варіант	Урожай- ність, ц/га	Збере- жений урожай, ц/га	Вартість збережено го урожаю, грн	Додаткові витрати грн/га			Чистий дохід, грн	Окупність витрат, грн
				На обробку насіння	На збирання додатков. урожаю	Всього витрат		
Контроль	21,6	-	-	-	-	-	-	-
Кайзер (д.р. тіаметоксам), 6 л/т	23,8	2,2	4350,7	43,72	345,4	389,12	3961,58	10,18
Лайнер (д.р. імадоклоприд), 6 л/т	23,2	1,6	3164,2	47,94	249,2	297,14	2867,06	9,64
Тіатрин (д.р. тіаметоксам + бета цифлутрин), 6 л/т	24,1	2,5	4943,9	60,42	392,5	452,92	4490,98	9,92

НІР_{0,5}

1,17

Висновки

1. Для бурякової нематоди типовим було дрібно-осередковане просторове поширення по площі. Переважна більшість цист після вирощування ріпаку озимого і ярого була зосереджена в гумусному шарі ґрунту до 20 см (82,1-86,7% популяції). Окремі екземпляри цист по вертикальному профілю ґрунту зустрічалися в горизонті 30-40 см.
2. Бурякова нематода на ріпаку ярого та озимому завершує 2 генерації. На розвиток одного покоління необхідно 45-68 днів за суми ефективних температур у межах 436-469 °С.
3. Зниження урожаю насінників не відбувається за вихідної заселеності до 250 яєць і личинок/100 см³ ґрунту. За допосівної чисельності 251-350 яєць і личинок/100 см³ ґрунту втрати урожаю знаходяться в межах 1- 5% на озимому і 1-10% на ярого ріпаку. В осередках дуже високої щільності 1500-3000 яєць і личинок/100 см³ ґрунту потенційне зниження урожаю насіння ріпаку озимого становило 16-25%, а ярого 22-32%.
4. Вирощування несприйнятливих для розмноження бурякової нематоди культур (зернові колосові, кукурудза на зерно, соняшник, соя, гречка) забезпечує, впродовж одного періоду їх вегетації, біологічне очищення ґрунту в межах 35,7 - 48,1%. Для зниження високих чисельностей фітопаразита понад 1500 яєць і личинок/100 см³ ґрунту до економічно-невідчутного рівня доцільне їх поєднання в трьох-чотирьох річних ланках сівозміни.
5. Передпосівна обробка посівного матеріалу сучасними протруйниками: Кайзер (д.р. тіаметоксам), Лайнер (д.р. імадоклоприд), Тіатрин (д.р. тіаметоксам + бета цифлутрин) в нормах витрати бл/т насіння забезпечує зниження рівня заселеності сходів інвазійними личинками та отримання додатково збереженого урожаю ріпаку в межах 1,6-2,5 ц/га.

6. Економічна оцінка протинематодної ефективності сучасних протруйників насіння, засвідчила високу окупність витрат 9,64-10,18 грн на захист рослин та отримання чистого доходу в межах 2867,06 - 4490,98 грн.

Рекомендації виробництву

Виробничі посіви ріпаку на ураженість гетеродерозом доцільно обстежувати в другій-третьій декадах червня та в кінці липня, першій половині серпня в період масового з'явлення на коренях білих самиць, що дає змогу встановити просторовий розподіл осередків по площі.

Нематологічні зразки для визначення рівня заселеності ґрунту слід відбирати з прошарку 0-20 см, де зосереджено понад 75% цист популяції бурякової нематоди.

Список першоджерел за темою досліджень

1. Антоненко О.Ф. Ярий ріпак // Захист рослин. – 1998. № 7. – С.13.
2. Бардин Я.Б. Ріпак: від сівби до переробки. К. «Світ», 2000. 109 с.
3. Гайдаш В.Д. Ковальчук Г.М. Дем'янчук Г.Т. Ріпак – культура великих можливостей. Ужгород: Карпати, 1986. – 62 с.
4. Гайдаш В.Д. Агротехніка вирощування // Ріпак – Івано-Франківськ. Сіверсія ЛТД, 1998. – С. 109-153.
5. Гримак М.І. Кормові капустині культури. К.: «Урожай», 1988. – 112 с.
6. Дядечко М.М., Падій М.М., Шелестова В.С. та ін. Біологічний захист рослин/ Біла Церква. НТП БДАУ, 2001 – 312 с.
7. Кифорук І.М. Захист рослин // Ріпак. – Івано-Франківськ. Сіверсія ЛТД, 1998. – С. 109-153.
8. Ковальчук Г.М. Ріпак озимий – цінна олійна і кормова культура – К.: «Урожай», 1987. – 112 с.
9. Методики випробування і застосування пестицидів // С.О. Трибель та ін. – К.: Світ – 2001. – 448 с.
10. Саблук В.Т. Бурякова нематода / В.Т. Саблук, Л.І. Лінник // Захист рослин. – 2000. – N 11. – С. 14-16.
11. Сігарьова Д.Д. Бурякова нематода / Д.Д. Сігарьова, Л.А. Пилипенко // Захист рослин. – 2001. - № 4. – С. 11-12.
12. 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.
13. Федоренко В.П. Не боротьба – а управління чисельністю / В.П. Федоренко // Захист і карантин рослин : міжвід. темат. наук. зб. – К., 2009. – Вип. 55. – С. 3-16.
14. Федоренко В.П., Марков І.Л., Мордерер Є.Ю. Стратегія і тактика захисту рослин. Т. 2. НВП –ТОВ « Альва-стевія ЛТД», 2015 – 792 с.

15. Ambrogjoni Laura. Identification of *Heterodera schachtii* group species in Italy by morphometrics and RAPD-PCR / Laura Ambrogjoni, Tiziana Irdani // Nematol. Mediter. – 2001. – Vol. 29, № 2. – C. 159-168.
16. Bakker E., Dees R., Bakker J., Goverse A. Mechanisms Involved in Plant Resistance to Nematodes. Multigenic and Induced Systemic Resistance in Plants. Eds. Tuzun S., Bent E. P. 2006. 314-334.
17. Biology of the Europ cyst nematode *Heterodera schachtii*. II. Host—parasite relationship of the nematode and its interaction with *Verieilium albo-atrum* / N. Von Mende, D.G. McNamara // Ann. Appl. Bid. - 1995. – T. 126, № 3. – P. 517-526.
18. Cai D., Thureau T., Tian Y. (et al). Sporamin-mediated resistance to beet cyst nematodes (*Heterodera schachtii* Schm.) is dependent on trypsin inhibitory activity in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) hairy roots. Plant Mol Biol. 2003. Vol. 51. P. 839-849. <https://doi.org/10.1023/A:1023089017906>
19. Cooper Dustin, Eleftherianos Ioannis. Parasitic Nematode Immunomodulatory Strategies: Recent Advances and Perspectives. Pathogens. 2016 Sep. 5(3). P. 58. Published online 2016 Sep 14. doi: 10.3390/pathogens5030058
20. Economics of trap cropping for sugarbeet nematode control // J. Sugar Beet Res. – 2000. – N 1, T. 37. – P. 45-55.
21. Fatemy S. Hatching activity, invasion rate and reproduction of *Heterodera schachtii* on oil seed rape cultivars / S. Fatemy, E. Abootorabi // Nematol. mediterr. – 2002. – N 2, T. 30. – P. 163-166.
22. Gierth K. Toleranzmechanismen gegenüber pflanzenparasitären Nematoden am Beispiel von Zuckerruben / *Heterodera schachtii* / Gierth K., Hallmann J., Schlang J., Müller J., Sikora R.A. // Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft. – Berlin-Dahlem, 2002. – N 390. – S. 176-177.
23. Goverse A., Smant G. The activation and suppression of plant innate immunity by parasitic nematodes. Annu. Rev. Phytopathol. 2014. 52. P. 243–265. doi: 10.1146/annurev-phyto-102313-050118.
24. Heinrichs C. Problemlösungen bei der Bekämpfung des Ruben- nematoden *Heterodera schachtii* - Rheinische Erfahrungen mit nematodenresistenten Zuckerruben. Gesunde Pflanz. 2000. N 2/3, T. 52. S. 67-70.

25. *Heterodera schachtii* Tyrosinase-like protein - a novel nematode effector modulating plant hormone homeostasis / Samer S. Habash, Zoran S. Radakovic, Radomira Vankova, Shahid Siddique, Petre Dobrev, Cynthia Gleason [et al]. *Sci Rep.* 2017. Vol. 7. P. 6874. Published online 2017 Jul 31. doi: 10.1038/s41598-017-07269.
26. 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.
27. Impact of Microbial Biostimulants on Induction of Callusogenesis and Organogenesis in the Isolated Tissue Culture of Wheat in vitro / [Tsygankova V. A., Shysha E., Galkin A. P., Biliavska L. O., Iutynska G. O., Yemets A. et al. *J. Med. Plants. Stud.* 2017. № 5(3). P. 155-164.
28. 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.
29. Large-Scale Identification and Characterization of *Heterodera avenae* Putative Effectors Suppressing or Inducing Cell Death in *Nicotiana benthamiana* / Changlong Chen, Yongpan Chen, Heng Jian, Dan Yang, Yiran Dai et al. *Front Plant Sci.* 2017. Vol. 8. P. 20-62. Published online 2018 Jan 15. doi: 10.3389/fpls.2017.02062
30. Management Strategies: *Pochonia chlamydosporia* and IPM of Plant-Parasitic Nematodes in Temperate Crops / Matthew A. Back, Danuta Sosnowska, Ricardo Holgado. *Perspectives in Sustainable Nematode Management Through Pochonia chlamydosporia Applications for Root and Rhizosphere. Health.* 2017. P. 343-369.
31. Mechanisms and Characterization of *Trichoderma longibrachiatum* in Suppressing Nematodes (*Heterodera avenae*) in Wheat. *Front Plant Sci.* 2019. 10. P. 483. Published online 2019 Apr 17. doi: 10.3389/fpls.2019.00483 = doi:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5605630/>
32. Nuaima Rasha Haj, Roeb Johannes, Hallmann Johannes, Daub Matthias. Effector gene vap1 based DGGE fingerprinting to assess variation within and among *Heterodera schachtii* populations. *J. Nematol.* 2018. Dec. 50(4). P. 517–528. Published online 2018 Dec 3. doi: 10.21307/jofnem-2018-055.

33. Prioritising plant-parasitic nematode species biosecurity risks using self organising maps. *Biological Invasions*. 2013. Vol. 16, № 7.
34. Siddique S., Endres S., Atkins J. M., Szakasits D., Wieczorek K., Hofmann J. [et al]. Myo-inositol oxygenase genes are involved in the development of syncytia induced by *Heterodera schachtii* in *Arabidopsis* roots. *New Phytol.* 2009. Vol. 184. P. 457–472. doi: 10.1111/j.1469-8137.2009.02981.x
35. 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.
36. Steele A.E. Comparative morphometrics of eggs and second - stage juveniles of *Heterodera schachtii* and a race of *H. trifolii* parasitic on sugar beet in the Netherlands / A.E. Steele, L. Whitehand // *J. Nematol.* – 1984. – Vol. 16, № 2. - P. 171-177.
37. Yuena Gary Y., Kyle C. Charlene C., Jochuma Brodericka, Chenb Carl J., Caswell-Chenb Edward P. Control of cyst nematodes by *Lysobacter enzymogenes* strain and the role of the antibiotic HSAF in the biological control activity. *Biological Control*. 2018. February. Vol. 117. P.158-163.
38. Tilikkala K. Influence of sugarbeet and nonhost plant on a field population of *Heterodera schachtii* / K. Tiilikkala // *Ann. agr. fenn.* - 1985. - № 2. - P. 63-69.
- Van Gundy S. Effects of nematodes on plant nutrition and fertilizer use efficiency / S. Van Gundy // *Ann. California. Fertilizer Conf. Proceedings.* – 1980. № 28. – P. 36-43.
40. Wang Y., Deshapande S., Hall J. Calcium may mediate auxinic herbicide resistance in wild mustard // *Weed Sci.*- 2001. – 49. P. 2-7.
41. Yuena Gary Y., Kyle C. Charlene C., Jochuma Brodericka, Chenb Carl J., Caswell-Chenb Edward P. Control of cyst nematodes by *Lysobacter enzymogenes* strain C3 and the role of the antibiotic HSAF in the biological control activity. *Biological Control*. 2018. February. Vol. 117. P.158-163.
42. Zhao J., Liu D., Wang Y., Zhu X. Biocontrol potential of *Microbacterium maritopicum* Sneb159 against *Heterodera glycine*. *Pest Management Science*. 2019. Vol. 75.