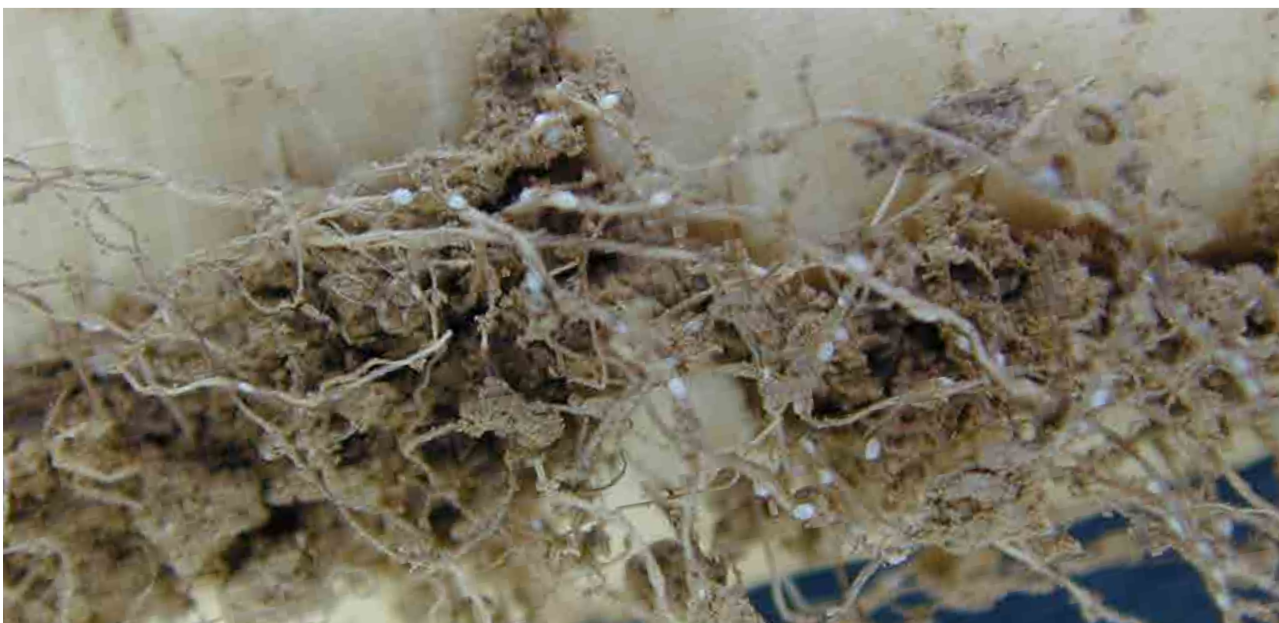




Бурякова цистова нематода



ПЕРЕДМОВА

У природі зустрічається декілька видів нематод, що можуть ушкоджувати вегетуючі цукрові буряки, але викликані ними проблеми досить часто обмежуються як географічно, так і економічно. Та це не відноситься до **білої цистової нематоди**, *Heterodera schachtii*. Досить курйозно, але ця проблема з'явилась через інтенсивне вирощування цукрових буряків людством. Хоча це не сьогоденний феномен, оскільки вперше нематода описана в 1859 році.

Через великі затрати на транспортування врожаю цукрових буряків, фермери та переробники завжди намагались концентрувати вирощування цієї культури поблизу цукрових заводів.

Найбільш важливим методом у зниженні негативного впливу цистової нематоди є біологічний. Для цього широко використовують так звані «довгі ротації», коли повернення цукрових буряків на те саме поле буде відбуватися не часто, виключення із ротацій культур-господарів нематоди, поліпшення структури ґрунту, а також ранні посіви.

Селекція робить свій внесок у двох різних напрямках. Перший – це створення сортів капустяних (наприклад біла гірчиця), що можуть культивуватися взимку (мова іде про умови Бельгії, Франції) як зелене добриво і знижувати кількість цистової нематоди. Другий – це створення стійких чи напівстійких сортів цукрових буряків.

Перші дослідження резистентності цукрових буряків були розпочаті в 50-х роках 20 століття і хоча ген був знайдений у Beta grossitubens, видів буряків, що досить подібні до цукрового буряку, це не призвело до створення сортів цукрового буряку для широкого комерційного використання. Виявилось, що досить проблематично було стабілізувати цей ген у цукровому буряку.

Відкриття генів, що надавали цукровим бурякам толерантності у розвитку і отриманні задовільної продуктивності на уражених нематодами полях, стало головним досягненням. Такі сорти також зменшували інтенсивність розмноження цистової нематоди.

Департамент Сесвандерхаве із досліджень та розвитку
(R&D of SESVanderHave)

МИ ВДЯЧНІ

INRA Rennes - UMR Microbiologie du Sol et de l'Environnement (MSE)
Dr. S. Fournet



Institut Technique Français de la Betterave Industrielle (ITB)



Institut de Recherche Belge pour l'Amélioration de la Betterave (IRBAB)

ВСТУП

В середині 19-го століття цукрові буряки почали вирощувати значно ближче до заводів, а ротації стали коротшими і буряки, будучи відмінною культурою як попередник, почали повертатись на те саме поле значно частіше. Потім деякі фермери почали відмічати реальні, і разом з тим, незрозумілі втрати, що пояснювали «буряковим виснаженням».

В 1859 році, професор Шахт (Schacht), Німеччина, першим виявив причину «бурякової втоми» – мікроскопічні черв'ячки, що жили як паразити на коренеплодах цукрових буряків.

Наразі ідентифіковано біля ста видів нематод, що паразитують на різних культурах. Для цукрових буряків найбільш небезпечною є бурякова цистова нематода (*Heterodera schachtii*).

Ці білі черв'ячки завбільшки біля 1мм в довжину мають голови з трубчатою голкою (так званий «стилет»), з допомогою якої пробивається стінка клітини рослини і висмоктуються вміст. Наявність цього стилету є характерною ознакою для всіх видів фітопаразитних нематод. Вони переміщуються у воді ґрунту рухами, подібно як плавають змії; ось тому їх і назвали «нематодами».

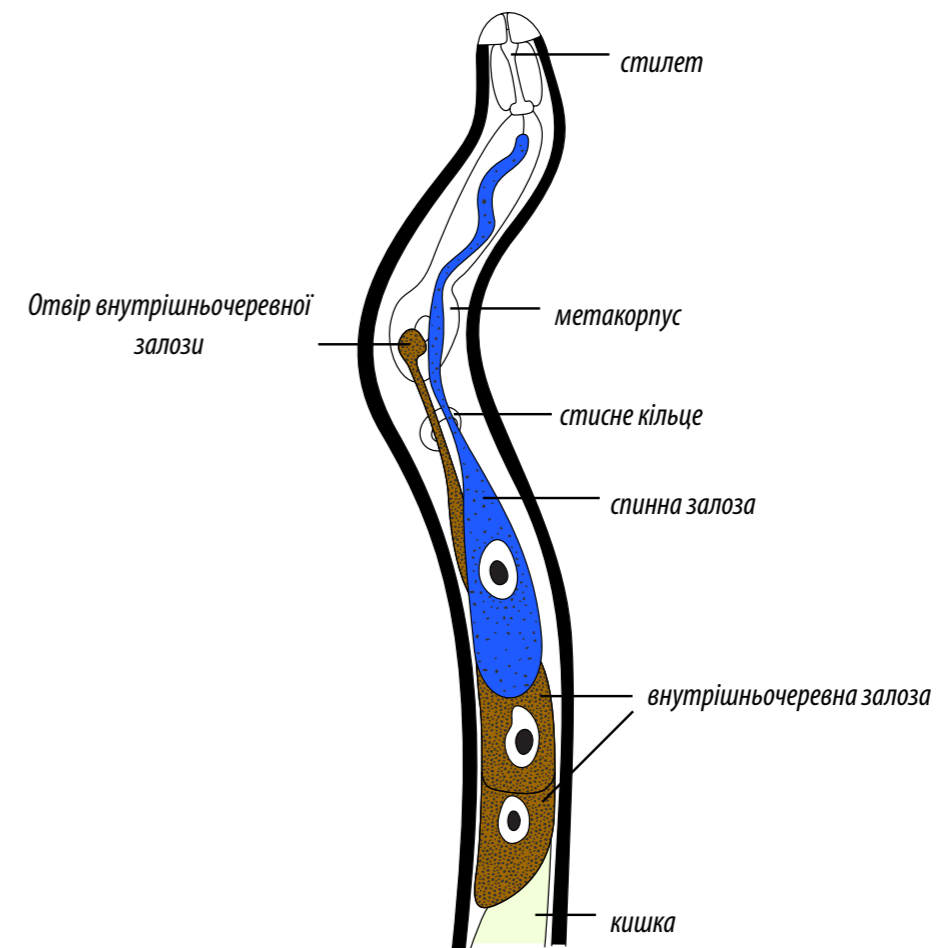


Рисунок 1. Подовжній розтин нематоди (Сімейство *Heterodera*) з видом голови та ротового апарату. Синім і бурим кольором на діаграмі позначені залози, що продукують секрети для випускання в клітину рослини-господаря.

Для свого розвитку, бурякова цистова нематода (*Heterodera schachtii*) мусить проникнути у коріння рослини. Ця фаза призводить до утворення на них багатьох бічних відгалужень, а інколи можливе утворення навіть характерного густого «кореневого волосся». Потім нематода живиться на рослині і перетворюється або на самців, які мають ниткоподібні форми і вільно рухаються у ґрунті, або на самок, яких можна бачити на корінні у вигляді маленьких білих, або бурих цятко лимоноподібної форми (цисти).



Рисунок 2. Симптоми, спричинені масовою появою білої цистої нематоди (*Heterodera schachtii*) на коренеплоді цукрового буряку (Джерело: ІТВ)

На сьогодні нематода *Heterodera schachtii* є одним з найбільших шкідників на цукрових буряках і може спричинити значні втрати врожаю

ГЕОГРАФІЧНЕ ПОШИРЕННЯ

Цю нематоду можливо знайти в Європі, Азії, на Близькому Сході, в США та в Австралії. В Європі вона зустрічається частіше в районах з інтенсивним вирощуванням цукрових буряків. Досить часто це так звані короткі ротації та/ або вирощування в сівозміні інших культур (рослини-господарі), на яких можливе паразитування.

У Франції шкідник ушкоджує від 40 до 60 тисяч гектарів цукрових буряків, хоча ступінь ушкодження досить різниться. В 2008 році буряки у районах Ени (Aisne) і Уаза (Oise) були повністю уражені. На півночі Кале (Calais), Камбре (Cambrai) та у Фландрії (Flander) цистова нематода зустрічається у прибережних до моря районах.

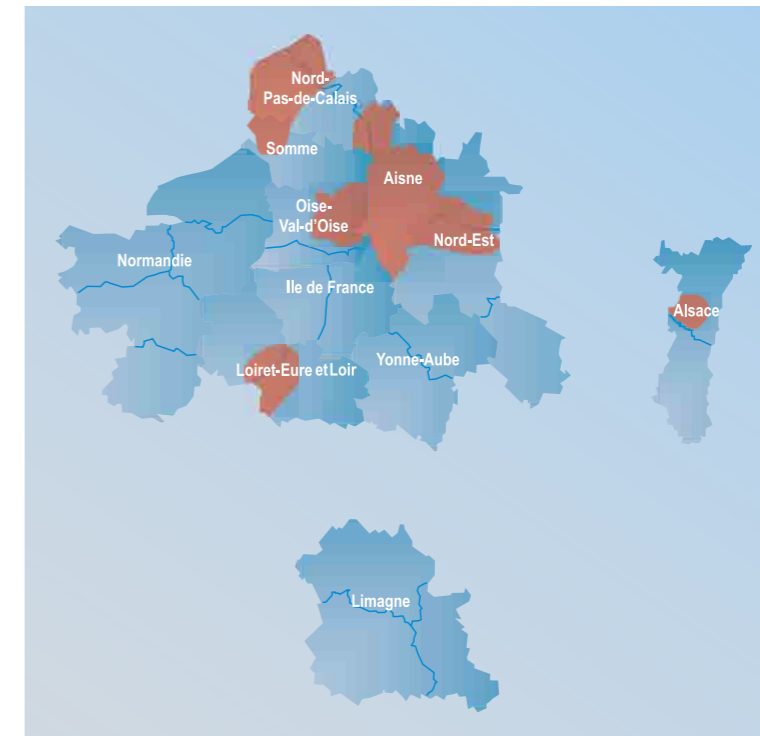


Рисунок 3. Райони розповсюдження *H.schachtii* у Франції

За оцінками фахівців у **Бельгії** приблизно 60% полів є ураженими, однак тільки 20% від цих полів, а це 12% земель, на яких вирощують цукровий буряк, містять до 500 яєць і личинок на 100г ґрунту (IRBAV¹, 2005). Ці уражені райони досить чітко корелюють з районами розміщення цукрових заводів в період 1960-1970 років.

В **Голландії**, за оцінками IRS², цистова нематода заселена на 42% бурякових полів (Schneider & Wevers, 2007). Однак тільки 10% цих полів мають середній рівень інфікованості (>300 яєць, чи личинок на гектар).

В **Україні** бурякова нематода зустрічається майже у всіх бурякосійних регіонах (В.Саблук, А.Бабич, 2016). Найчисленніші вогнища гетеродерозу відмічено в Тернопільській, Львівській, Черкаській, Вінницькій, Хмельницькій, Сумській, Харківській і Чернігівській областях. Беззаперечно, що з часом інтенсивне вирощування цукрових буряків у спеціалізованих бурякосійних господарствах зможе призвести до спалаху цього шкідника.



Рисунок 4. Уражені рослини на полі в районі Теофіполя, Хмельницька область, 2017 рік

(Джерело: Сесвандерхаве-Україна)

[1] IRBAV, Королівський Бельгійський Інститут селекції буряків.

[2] IRS, Інститут раціонального буряківництва

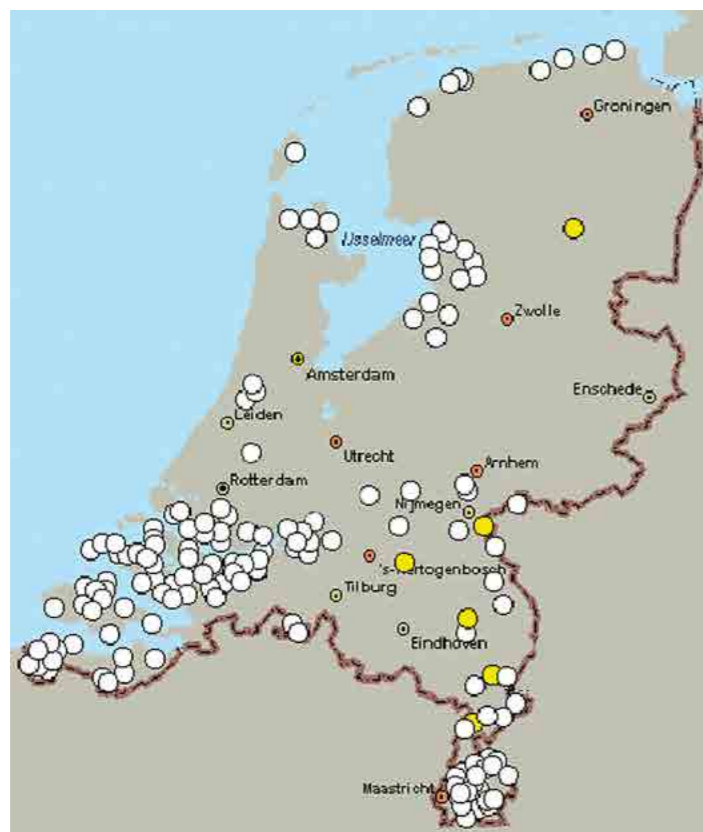


Рисунок 5. Локалізація ділянок, уражених *H. schachtii* (білі кружечки) і *H. betae* (жовті кружечки) в Нідерландах (Джерело: Blgg/IRS).

В Британії *H. schachtii* майже скрізь не є більш-менш значною проблемою, хіба-що за виключенням декількох ферм із дуже легким ґрунтом. Пояснення цьому – правильний вибір ротацій, однак у майбутньому передбачається інтенсифікація буряківництва у Східній Англії і спалах уражень нематодами стане неминучим.

В Італії всі бурякові поля в районі Емілія-Романья (Emilia-Romfnia) є ураженими. **В Іспанії** найбільш інфікований район – Лебрія у Андалузії (the Lebrija area of Andalusia), де цистова нематода паразитує на цукрових буряках восени.

СИМПТОМИ

Симптоми спалахів *H. schachtii* проявляються на полі у вигляді обмежених ділянок, що з часом збільшуються. Їх можна спостерігати із червня і до збирання буряків:

НА ЛИСТКОВІЙ ПОВЕРХНІ

- В'янення у найбільш спекотні часи дня (а); за межами певного рівня уражень – неможливість листя набувати здорового стану у прохолодну погоду, а в'янення стає постійним.
- Пожовтіння і відмирання листя (б).
- Симптоми дефіциту магнію (особливо при його задовільній наявності)



Стійкі сорти



Нестійкі сорти

Рисунок 6 Типові симптоми *H. schachtii* на листі цукрових буряків (Джерело: ITB)

НА КОРЕНЕПЛОДАХ

- Кінчик коренеплоду залишається нерозвиненим з досить великою кількістю маленьких волосоподібних корінчиків (а), на яких можна побачити маленькі лимоноподібні білі утворення діаметром від 0.5 до 1мм. Це цисти - стадія розвитку жіночих особин нематод (б). Коли відбудеться повний розвиток, вони змінюють колір на рудий і відділяються від рослини.



Рисунок 7. Типові симптоми на коренеплодах, що спричинені *H. schachtii* на цукрових буряках (а – уражений коренеплід на полі Калинівського району Вінницької області, джерело: Сесвандерхаве-Україна, б - ITB)

НА ОСНОВІ СПОСТЕРЕЖЕНЬ У ПОЛІ

Аби допомогти фермерам зробити правильну оцінку стану поля, три інститути, а саме бельгійський IRBAB/KBIVB³, IRS⁴ Нідерландів та ITB із Франції, запропонували методику визначення шкідників і хвороб:

- IRBAB /KBIVB http://www.irbab-kbivb.be/fr/actuality/beta_consult/
- IRS: <http://www.irs.nl/overzicht.asp?sOnderdeel=betakwik>
- ITB: http://unkraut.rheinmedia.de/cgi-bin/unkraut_ausgabe.cgi?partner=itb&sprache=itb_fr

Діагностика хвороби в коренеплодах є досить простою. Однак часто можна сплутати симптоми із симптомами кореневих гнилей (пітіум, афаноміцес), або навіть із ушкодженням від блискавок. Найкраще, коли при підозрі на хворобу, виробничник звернеться за консультацією до спеціалізованої лабораторії.

Явним виявленням нематоди є присутність білих, чи бурих цист лимоноподібної форми на коренеплоді, якщо його обережно викопати і роздивитись у збільшуваче скло.

Разом з тим, можливі подібні симптоми від інших чинників:

- Інші види нематод;
- В'янення та утворення великої маси волосоподібних корінчиків не через цистову нематоду, а через ризоманію;
- Хворобливе листя через погану структуру ґрунту та дефіцит магнію

ІНШІ НЕМАТОДИ, ЩО УШКОДЖУЮТЬ ЦУКРОВІ БУРЯКИ

Жовта бурякова цистова нематода

До сімейства *Heterodera* відноситься до 60 видів нематод, два з яких можуть паразитувати на цукрових буряках: це *Heterodera schachtii* і *Heterodera betae*, що часто помилково можна сприйняти за *Heterodera trifolii* (Amiri et al., 2002).

Зараз *H. betae* шкодить, в основному, в Нідерландах, Швейцарії, Швеції і Німеччині. Розповсюдження шкідника залишається дуже обмеженим: в Нідерландах цей паразит заселяє тільки 1% полів з цукровим буряком (IRS, 2007).

Якщо не брати до уваги колір самок, то все решта, в тому числі і симптоми ушкоджень від *H. betae* такі-ж, як і від *H. schachtii*. Якщо цей паразит атакує рослини на їх ранніх стадіях розвитку, можливе повне знищення посівів, що не є характерною ознакою для *H. schachtii* (IRS, 2007).

Життєвий цикл *Heterodera betae* також подібний до циклу *Heterodera schachtii*. Основна розбіжність тільки в розвитку личинок, що трансформуються в самок. Теоретично, це повинно призводити до більш стрімкого розмноження у полі. На практиці-ж, правильне ведення ротаций призводить до контролю хвороби. Буряководам слід пам'ятати, що у *H. betae* дуже багато рослин-живителів: це всі рослини-живителі білої бурякової цистової нематоди, а також багато овочевих і побічних культур.

Бурякова стеблова нематода

Характерні симптоми, що викликаються буряковою стебловою нематодою *Ditylenchus dipsaci*, можливо спостерігати з початком літа. Цей паразит проникає в основу листової розетки (крону) та у верхню частину коренеплоду (гіпокотиль), живиться паренхімою, після чого починає утворюватися коркова гниль (ITB, 2008). Ця нематода має довжину 1,0-1,3мм та вільно переміщується⁵



Рисунок 8. Типові симптоми, спричинені буряковою стебловою нематодою

[3] IRBAB, Королівський Бельгійський Інститут селекції буряків ; KBIVB, Королівський Бельгійський Інститут покращення буряків

[4] IRS – Інститут раціонального буряківництва

[5] на противагу немобільних нематод, таких як сімейство *Heterodera*, коли вони прикріплюються до рослини.

Бурякова стеблова нематода зустрічається у всьому помірному поясі Європи, однак великої шкоди може завдавати тільки на невеликих ділянках деяких цукробурякових районів. Загалом її вплив на зниження врожайності буряків та якість сировини є середній. Ця нематода має багато рослин-живителів, що унеможлиблює її дієвий контроль ротаціями. Чутливі рослини (в основному, жито, овес і гірчиця) мусять бути виключеними з ротації, а повернення цукрових буряків на те саме поле, по можливості, бути чим довшим у часі.

Коренева галова нематода

Цей паразит (*Meloidogyne hapla*, *M. naasi*) також зустрічається в помірних районах; ушкоджені цукрові буряки затримуються у рості, а листя скручується у спекотну погоду. Розвиток кінчика коренеплоду часто затримується та утворюється велика кількість наростів (так званих галів) на боковому корінні.



Рисунок 9. Типові симптоми на цукрових буряках, викликані кореневою галовою нематодою

Нематоди сімейства *Meloidogyne* мають цикл розвитку, досить подібний до кореневої цистої нематоди сімейства *Heterodera*: личинка проникає в коріння і починає розвиватись. Однак самок не можливо прямо бачити на корінцях, а лише всередині галів (наростів). *M. hapla* і *M. naasi* зустрічаються в основному в зонах помірного клімату на легких структурованих ґрунтах півночі Європи, в Японії та США.

Коренева галова нематода шкодить не агресивно, і затримка у рості рослин не є настільки серйозною, як може здаватися спочатку і, при сприятливих умовах для росту, проходить.

Відомо багато видів рослин-живителів цієї нематоди, однак якщо у ротації такого виду немає, концентрація паразиту різко падає. Ось чому для буряководів кращими рекомендаціями по контролю шкідника є використання адаптованих ротацій та особливо використання культурних рослин-уловлювачів.

АНАЛІЗ ҐРУНТУ НА УРАЖЕНІСТЬ НЕМАТОДАМИ

Якщо є підозра на наявність *H. schachtii*, спостереження у полі повинні завжди супроводжуватись спеціальними аналізами ґрунту. Перш за все це дасть змогу достовірно говорити про наявність *Heterodera schachtii*, а підрахувавши кількість яєць і личинок на 100г ґрунту - про ступінь ураження.

ЯК ВІДБИРАТИ ҐРУНТ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ НЕМАТОД

Оскільки нематода в ґрунті малорухлива, її поширення у полі є часто досить обмеженим (Olsson, 2006). Тому, аби отримати правильні результати, які-б повністю характеризували поле, дуже важливо слідувати таким правилам відбору зразків ґрунту:

У яких місцях поля відбирати ґрунт?

Для повної картини ступеню ураження, зразки ґрунту повинні відбиратись по всьому полі, а не тільки в підозрюваних місцях.

Як?

Використовуючи бур, беруть пробу (кern) довжиною 20-30 см і діаметром від 1.5 до 2 см. Приблизно 10 таких зразків береться з 1 гектара (IRBAB, 2005). Ці зразки кладуть в поліетиленові мішки, та підписують, вказуючи детальний опис місця відбору (№ поля, дата, координати). Якщо немає можливості негайно відправити зразки в лабораторію, то допускається тимчасове зберігання зразків у прохолодному (+5°C) місці.

Коли?

Зазвичай, зразки відбирають навесні перед посівом буряків, коли ще прохолодно і личинки не виводяться з цист. Ідеально, коли відбір зразків роблять регулярно, аби знати кількість цист до вилуплювання.

Ідентифікація в лабораторії та методи підрахунку

Сьогодні найбільш вживаний метод підрахунку - це підрахунок личинок і яєць під мікроскопом. Інколи для підрахунку використовують спеціальні хімічні реагенти та телевізійні монітори. Молекулярні методи використовують для ідентифікації та визначення ДНК - ELISA/ПЛР (Cornelis & Hermann, 2003), або вживану пів - кількісну ПЛР (Furstenfeld et al., 2005). Ці методи є найбільш достовірними⁶, швидкими і дешевими і вже широко використовуються в Німеччині.

[6] Багато інших видів нематод є морфологічно подібними до білої бурякової цистої нематоди, але нешкідливими для цукрових буряків:

H. avenae (вівсяна цистова нематода), *H. goettingiana* (горохова цистова нематода), *H. carotae* (морквяна цистова нематода), *H. trifolii*.

Коли перераховані види нематод наявні в той самий час у тому самому полі, то звичайний підрахунок не є достовірним.

ЦИКЛ РОЗВИТКУ

Нематода цукрових буряків може зберігати життєздатність у фазі цист на протязі 5...6-ти років у ґрунті без рослин-живителів. Цисти – це утворення у формі лимона із розміром не більше вушка голки, у яких знаходяться яйця і личинки.

За сприятливих погодних умов (температура +16...+28°C, оптимальною є +25°C), коли циста перебуває в контакті із корневими виділеннями рослини-живителя (хазяїна), циста лопається і личинки рухаються крізь ґрунт до корневих волосків.

Личинки, використовуючи свої ротові органи (стилет), проникають у тканину коренів і далі у напрямку судинних пучків для живлення на кормових ділянках клітин. Потім нематоди вприскують свої специфічні речовини в клітини рослини і їх метаболізм змінюється та робить неможливим для нематод завершити повний життєвий цикл. Одночасно нематода блокує циркуляцію клітинного соку, внаслідок чого ріст і розвиток рослини змінюється.

Личинки поступово перетворюються на самців, чи самок (їх голови залишаються прикріпленими до кормових ділянок) і з часом розростаються, аж поки їх можна легко бачити неозброєним оком. Самці рухаються у ґрунті для пошуку самок, які після запліднення гинуть, а їх білі лимоноподібні тіла поступово трансформуються у бурі цисти, що можуть мати аж до 600 яєць (звичайно від 100 до 300).

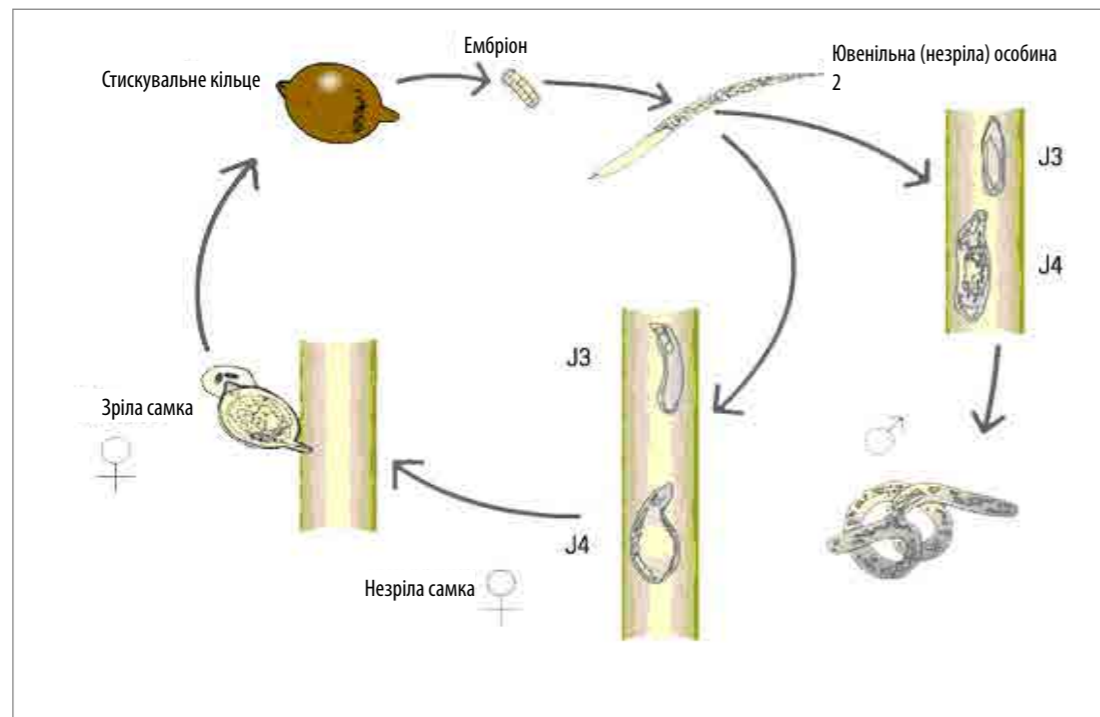


Рисунок 10. Життєвий цикл *Heterodera schachtii* за описом професора Керрі (Prof. Kerry, Rothamsted Research Centre).

ФАКТОРИ РОСТУ ТА РОЗПОВСЮДЖЕННЯ

Нематода у ґрунті майже нерухливі, однак цисти можуть бути досить легко рознесені водою (дощі, іригація, а ін..), або з ґрунтом (ерозія, земляні роботи, викопування буряків).

В залежності від кліматичних умов (температур та вологи) та наявності рослин-живителів може бути кілька циклів розвитку. В умовах північної Європи на рік може проходити 2...3 генерації; приблизно 3 – у південноєвропейському регіоні і 5 – в умовах південної Каліфорнії. Зазвичай необхідно до 40 днів для повного розвитку цисти.

Оптимальними умовами для розмноження нематод цукрових буряків є:

- Волога весна (однак і сухий період підвищує видимі симптоми уражених рослин)
- Високі температури ґрунту
- Легкі ґрунти (хоча паразит зустрічається на всіх типах ґрунтів)

ЖИВИТЕЛІ (ХАЗАЇНИ)

Нематода цукрових буряків має дуже великий перелік живителів:

- Деякі сільськогосподарські рослини (буряки, шпинат, капуста, ріпаки)
- Деякі види проміжних культур (біла гірчиця, кормова редька та деякі бобові)
- Безліч випадкових рослин

Таблиця 1. Перелік живителів білої цистової нематоди (*Heterodera schachtii*) включає деякі сільськогосподарські види та багато випадкових рослин (за даними Scholang, Olsson і ITB).

	Вид рослин	Латинська назва	Капустяні	Лободові	Щирицеві	Гречкові	Зонтичні	Гвоздикові
Основні культури	Цукрові буряки	<i>Beta vulgaris</i>		x				
	Шпинат	<i>Spinacia oleracea</i>		x				
	Капуста	<i>Brassica oleracea</i>	x					
	Канола/ріпак	<i>Brassica napus</i>	x					
Проміжні культурм	Селера	<i>Apium graveolens</i>					x	
	Морква	<i>Daucus carota</i>					x	
Випадкові рослини	Кормова редька	<i>Raphanus sativus</i>	x					
	Біла гірчиця	<i>Sinapsis alba</i>	x					
	Лобода біла	<i>Chenopodium</i>		x				
	Лобода городня	<i>Atriplex</i>		x				
	Щириця	<i>Amarantus</i>			x			
	Дика гірчиця	<i>Sinapsis arvensis</i>	x					
	Грицики	<i>Capsella bursa pastoris</i>	x					
	Дика редька	<i>Raphanus raphanistrum</i>	x					
	Щавель	<i>Rumex acetosella</i>				x		
	Шпориш	<i>Polygonum persicaria</i>				x		
	Мокрець	<i>Stellaria media</i>						x

ЕКОНОМІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ

Ступінь шкоди від *H.schachtii* залежить від міри початкового зараження, строків посіву (зараження молодих рослин є більш проблематичним), ґрунтових та кліматичних умов.

За даними ІТВ втрати врожаю можуть становити до 30%, однак у більшості випадків – це біля 15%, а за даними IRS – в середньому 35%, хоча були випадки зниження врожаю до 70%. IRBAВ має дані, що наявність однієї личинки в 100г ґрунту призводить до втрат 3 кг/га цукру, а в умовах сухого і спекотливого сезону – 6 кг/га.

Основна шкідливість від нематод в основному проявляється у:

- Збільшенні забруднення сировини (на коренеплодах формується велика маса кореневих волосків)
- Зниженні врожайності

Вміст цукру в ушкоджених буряках змінюється мало, а якість сировини (екстракція цукру, вміст калію, натрію та амінного азоту) зовсім не залежить від цієї хвороби, оскільки відростання листя майже не відбувається. Слід відмітити, що після ураження *Heterodera schachtii* підвищується можливість уражень вторинними хворобами. Такими як *Fusarium spp.* (Schneider&Wevers, 2007; Ayola Garcia та ін., 2007).

КОНТРОЛЬ ХВОРОБИ

У країнах Євросоюзу наразі немає рекомендованого хімічного препарату для контролю нематод. Використання нематоциду, наприклад алдікарб, заборонено, а 1,3- дихлорпропілену – економічно не виправдано.

Захист цукрових буряків від цистої нематоди сьогодні ведеться у двох напрямках:

- Агрономічні заходи
 - Вирощування цукрових буряків із поверненням на те саме поле не частіше раз у 2 роки, а краще – через 4 роки.
 - Уникнення рослин-живителів у ротації (ріпак, капуста, шпинат та ін.). Ріпак (канола), чи інші не нематоцидні хрестоцвіті не повинні вирощуватись у полях, уражених *H.schachtii*. Якщо-ж ріпак (канола) був попередником, падалиця повинна бути повністю знищена.
 - Посів для проміжних культур стійких хрестоцвітних (т.з. нематоцидне зелене добриво). Деякі сорти білої гірчиці (*Sinapsis alba*) та кормової редьки (*Raphanus sativus*) вважаються стійкими до нематод (Smith та ін., 2004; Westphal і Becker, 2001). Але для того, аби це зелене добриво ефективно знизило популяцію нематод перед послідуємим посівом цукрових буряків, температура ґрунту має бути досить високою щоб забезпечити провокацію луллення цист. Тому сімбу проводять в стислі строки і зразу-ж після раннього збирання попередника (наприклад озимого ячменю).
 - Покращення структури ґрунту
 - Ранні посіви буряку
- Використання сортів із подвійною стійкістю до ризоманії та нематод
 - Багато чинників, що спонукають до поширення нематод (заплення ґрунту, його низька родючість та ін.), впливають і на ріст ступеню ризоманії. Тому у місцях появи нематод, рекомендується використовувати сорти, одночасно стійкі до ризоманії і нематоди.

На практиці використання лише одного з вищезазваних методів малоефективне, тому їх використовують інтегрально (в комплексі).

СОРТИ ІЗ ПОДВІЙНОЮ СТІЙКІСТЮ ДО РИЗОМАНІЇ І НЕМАТОД

СЕЛЕКЦІЯ НА СТІЙКІСТЬ

Наразі відомо два основних джерела стійкості до білої бурякової цистої нематоди, *H.schachtii* (Zhang та ін., 2008). Перше джерело було ідентифіковано в 1950 році в Beta procumbens. У цьому джерелі було виявлено кілька генів стійкості, та домінуючий Hs1pro-1 є визнаним як основний, що контролює стійкість. Його робота є досить оригінальна і об'єднує 2 механізми:

1. Блокує формування кормових ділянок з одночасною стимуляцією луллення цист, що призводить до зупинки розвитку нематод,
2. Змінює співвідношення між самцями і самками і бік зменшення останніх і як результат – зменшується кількість яєць і личинок.

Це джерело стійкості було отримано шляхом схрещування цукрових буряків та серії бекросів із елітних ліній цукрових буряків, а для полегшення виявлення наявності стійкості у рослині, використовували молекулярні маркери. Першим сортом із цим джерелом вважається Немафорт (Nemafort), створений Сесвандерхаве.

Джерела стійкості, пов'язані з Hs1pro-1, були досить універсальними, оскільки такі сорти не тільки значно знижували популяцію нематод у полі, але давали змогу потім висівати звичайні сорти. На жаль, перші гібриди з подвійною стійкістю до ризоманії і нематод у незаражених полях давали значно нижчу врожайність.

Друге джерело стійкості до бурякової цистої нематоди, полігенне і рецесивне, було знайдене декілька років тому у диких форм буряків *Beta vulgaris ssp.maritima*. Ця стійкість є часткова, оскільки, у більшості випадків, популяція цистових нематод не стільки зменшується, як стабілізується. Ось чому до таких сортів правильніше застосовувати термін «толерантність, або часткова стійкість». Першим комерційним гібридом, що був створений на основі джерела цього типу і запропонований для ринку Європи, був гібрид Паулета (Pauletta) від КВС. Якщо порівнювати його із гібридами першої генерації, що мали подвійну стійкість до ризоманії і нематод, то буряки Паулета показували кращу врожайність на неуражених полях, однак значно уступали по цьому показнику стійким до ризоманії сортам.

Існують і інші джерела стійкості. Серед них WB42, відкритий IRS, і вивчений в деталях. Ці джерела інколи складаються із декількох генів, а інколи із великої кількості. Вони можуть бути домінуючими, залежними, чи рецесивними. Їх стійкість є частковою, оскільки вони не перешкоджають розмноженню, хоча стримують поширення паразита в полі. Ці джерела також можуть забезпечувати економічно вигідне виробництво буряку з інфікованих полів.

СЕСВАНДЕРХАВЕ – ЛІДЕР СТВОРЕННЯ ГІБРИДІВ, ОДНОЧАСНО ТОЛЕРАНТНИХ ДО РИЗОМАНІЇ І НЕМАТОДИ

Завдяки своїм нематодо-толерантним (NeT) гібридам, наша компанія, починаючи із 2008 року, представлена у всіх країнах, де є ця хвороба. Науковці Сесвандерхаве першими створили FlexField® генотипи, що мають різну поведінку на уражених нематодами полях і показуючи агрономічно-цінні характеристики на рівні тих, що мають RT гібриди (толерантні до ризоманії) на неуражених полях. Це було революційне вирішення проблеми.

Гібрид Бізон поєднує високу толерантність до бурякової нематоди та чудову стійкість до ризоманії.



Бізон
на полях Німеччини (ТДСВ, 2014)

FlexField

ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ

У випадку сильного ураження нематодами, тільки використання сортів із подвійною стійкістю до ризоманії і нематоди може врятувати від значних втрат врожаю (Gutierrez Sosa, 2007).

Разом з тим, насіння сортів цього типу має також очевидні недоліки:

- На здорових (неуражених) ґрунтах врожайність коренеплодів цих сортів є значно нижчою у порівнянні із сортами, стійкими тільки до ризоманії: у межах 6...7%, за даними ITB і IRBAB.
- Стійкість до нематод не завжди відповідає вимогам і потребує подальшого вивчення (цим займається ITB у співпраці з INRA та селекціонерами).
- У випадку сильного ураження ризоманією, сорти з подвійною стійкістю можуть мати неефективну стійкість до ризоманії. Цей феномен спостерігали у 2007 році на південь від Парижу (ITB, 2007), де був відмічений агресивний Р-тип ризоманії (див. графік внизу).

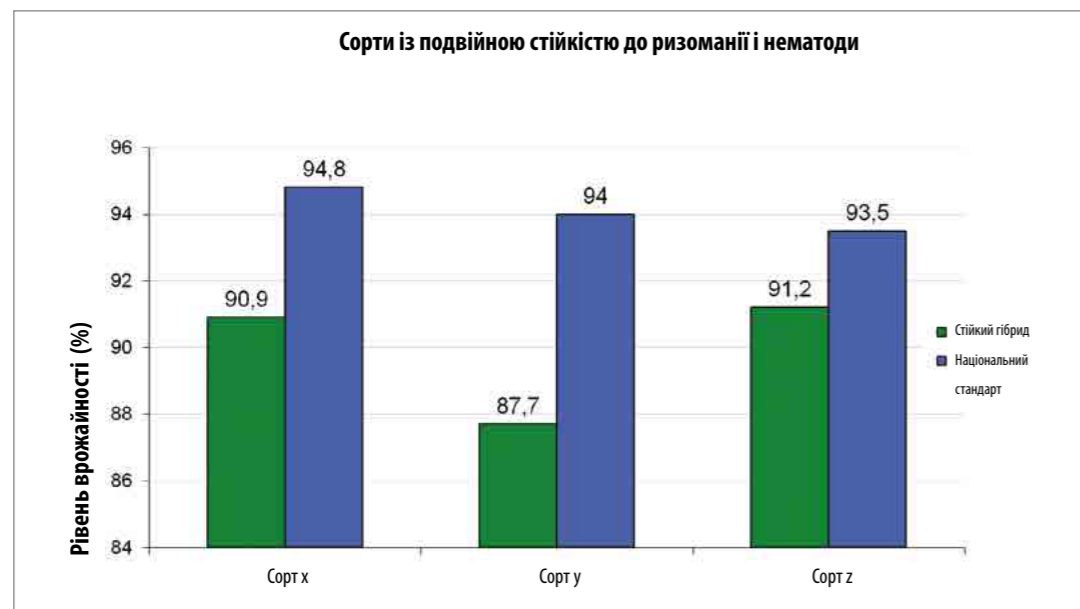


Рисунок 11. Сучасні гібриди з подвійною стійкістю до ризоманії і нематоди інколи показують очевидну слабкість у випадку екстремального прояву ризоманії

- Високу ступінь чутливості до збудників церкоспорозу і борошнистої роси.
- Толерантні сорти, на протигагу резистентним, не знижують популяції нематод в ґрунті.
- Однак ці толерантні сорти показують часткову стійкість. У порівнянні із нематодочутливими сортами, толерантні сорти більше стримують ріст популяції нематод незалежно від ступеню уражень.

КОЛИ ПОВИННІ ВИКОРИСТОВУВАТИСЬ ДЛЯ ПОСІВУ ТОЛЕРАНТНІ ДО НЕМАТОД СОРТИ?

Досить важко передбачити реальні збитки від цистої нематоди, спираючись тільки на результат аналізів зразків, оскільки величина втрат залежить не тільки від рівня заселення нематодами, але і від часу спалаху хвороби, кліматичних умов під час вегетації буряків та ін. Через це і рекомендації щодо порогу зараження паразитами (інвазія) повинні розроблятися для конкретних умов країни бурякосіяння. У Франції ITB рекомендує більше використовувати дані польових спостережень, чим відбирати зразки. Використання сортів із одночасною (подвійною) стійкістю до ризоманії і нематод має місце, коли:

- Є перші ознаки появи нематод.
- Симптоми кольору листя вказують на дефіцит магнію.
- В'янення рослин в спекотні години дня.
- Наявність цист, а при можливості – підтвердження результатами лабораторних аналізів.

Таблиця 2. Поріг інвазії (личинки-яйця/г ґрунту), вище якого рекомендується сіяти сорти із подвійною толерантністю нематода/ризоманія (Ayala Garcia та ін., 2007)

2,5	2-3	5	1	0,5	1,5	5	1	Виявл.
								5

Виявл. – як тільки у полі виявлена біла бурякова цистова нематода

Останні досягнення селекціонерів по створенню сортів із подвійною толерантністю до ризоманії і нематоди привели до їх підвищеного попиту зі сторони фермерів. Наприклад, у Франції у 2007 році, таких сортів було 9%. У деяких, особливо уражених районах, таких як Ени (Aisne), ця частка сягає 30%. В Нідерландах та Бельгії висівають дещо менше таких сортів, але з часом очікується збільшення.

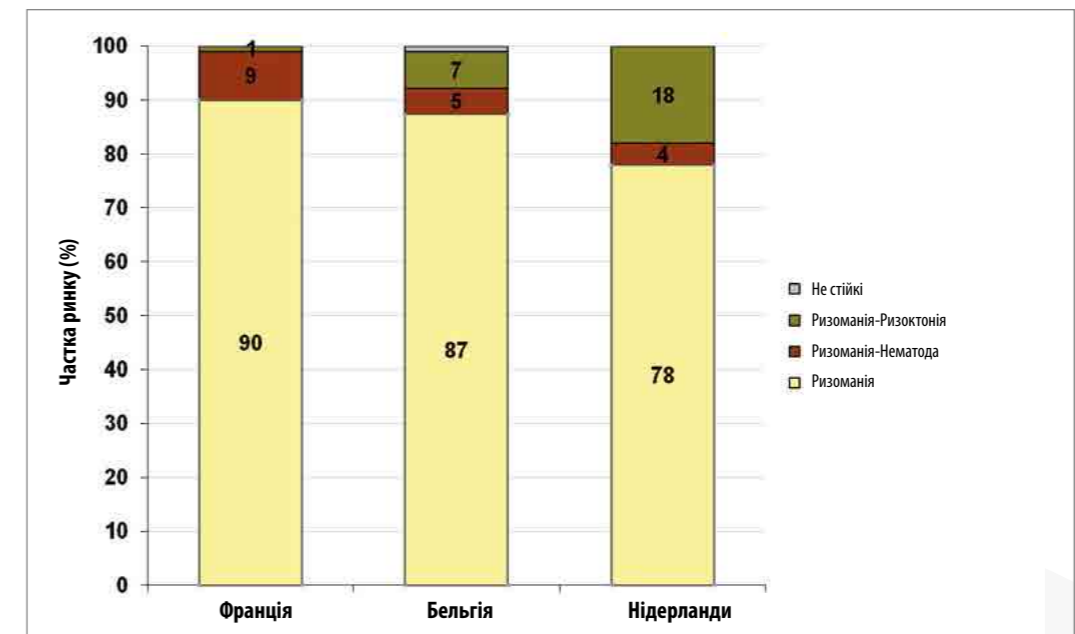


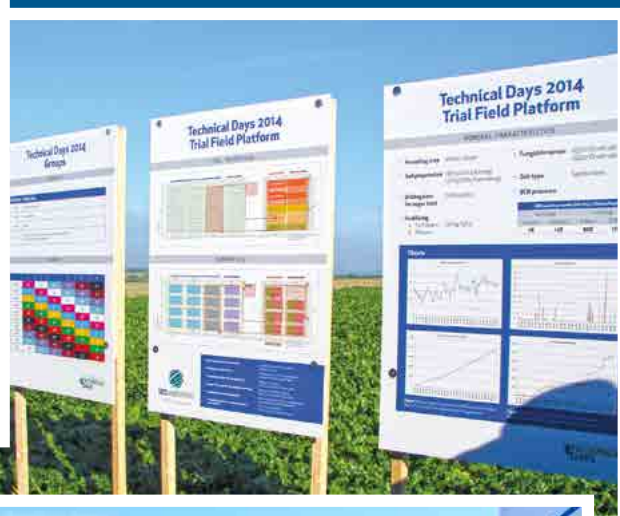
Рисунок 12. Розподіл ринку насіння цукрового буряку в Бельгії, Франції та Нідерландах

- Agrois, G.N. 1997. Plant Pathology, 5th Ed. Academic Press. pp.616.
- Amiri, S., Hermann, O., Subbotin, S., Moens, M., 2002. Techniques moléculaires pour identification de *Heterodera schachtii*. In: Proceedings of the 65-th IIRB Congress, February 2002, Brussels (B).
- Ayala Garcia, J., Beltrami, G., Dejar, A., Eronen, L., et al., 2007: Control of Beet cyst nematodes in Europe – problems and possibilities. In: Proceedings of the 70-th IIRB Congress, Marrakech (MA).
- Caubel et al., 1993. Etude des variétés résistantes au nematode à kyste. ANNP, December 1993 (France).
- Cornelis, P., Hermann, O., 2003. Molecular detection and quantification of *Heterodera schachtii* using PCR and ELISA. In: Proceedings of the 1-st joint IIRB-ASSBT Congress, 26-th Feb.-1-st March 2003, San Antonio (USA).
- Furstenfeld, F., Arndt, M., Novikov, K., 2005. Halfquantitative determination of *Heterodera schachtii* in soils with hatch induction by means of Acetox and following PCR and gel electrophoresis. In: Proceeding of the 68-th IIRB Congress, Maastricht (NL).
- Gutierrez Sosa, M., 2007. Genetic management against *Heterodera schachtii* injury in autumn sown sugar beet. In: Proceedings of the 70-th IIRB Congress, Marrakech (MA).
- IRBAB, 2006. Nema-Check: une nouvelle method d'analyse nematodes. Le Betteravier (Techniques Culturelles Betteravieres), Bo.424, pp.
- IRBAB, 2008. Rassen met dubbele tolerantie. Le Betteravier (De Suikerbiet en haar Teeltechniek), No.445, pp.
- IRBAB 2005. Un regard sur le nematode à kystes de la betterave. Le Betteravier (Techniques Culturelles Betteravieres), No.414, pp. 7.
- IRS, 2007. IRS Betatip : Biencystealtjes. pp. 12.
- ITB, 2007. Varietes spécifiques doubles tolérantes. La technique betteraviere, No. 886, pp 4.
- ITB, 2008. Diagnostic d'automne des betteraves malades. La Technique Betteraviere, No. 899, pp 4.
- Olsson, A, 2005. Distribution of the sugar beet cyst nematode (*Heterodera schachtii*) in a highly infested field in the South of Sweden. In: Proceedings of the 68th IIRB Congress, Maastricht (NL).
- Plantard, O., Denis, M., Porte, C., Muchembled, C., Richard-Molard, M., Baril, C., 2006. Durability and management of resistant and tolerant sugarbeet cultivars to control the cyst nematode *Heterodera Schachtii*. In: Proceedings of the 69th IIRB Congress, Brussels (B).
- Schneider, J., Wevers, J., 2007. Abundance and an improved management strategy of beet cyst nematodes in the Netherlands. In: 70th IIRB Congress, Marrakech (MA).
- Smith, H., Gray, F., Koch, D., 2004. Reproduction of *Heterodera schachtii* Schmidt on Resistant Mustard, Radish, and Sugar Beet Cultivars. Journal of Nematology 36(2):123-130.
- Sugar Beet. Edited by A. P. Draycott. Oxford: Blackwell Publishing (2006), pp. 474.
- Westphal, A., Ole Becker, J., 2001. Soil suppressiveness to *Heterodera schachtii* under different cropping sequences. Nematology, 6(3):551-558.
- Zhang, C., Xu, D., Jiang X., Zhou, Y., Cui, J., Zhang, C., Chen, D., Fowler, M., Elliott, M., Scott, N., Dewar, A., Slater, A., 2008. Genetic approaches to sustainable pest management in sugar beet (*Beta vulgaris*). Annals of Applied Biology 152, 143-156
- Саблук В., Бабич А. Бурякова нематода. Монографія. – К., 2016. – НУБіП-507с.

Наша компанія має вже десятки гібридів, стійких до бурякової нематоди.



Детальну інформацію можна отримати
у ТОВ «Сесвандерхаве-Україна»
03083, м.Київ, Проспект Науки, 54-Б, офіс-7
Тел./Факс: (+38 044) 502 93 66, 502 93 67



Технічні Дні Сесвандерхаве (ТДСВ) – це періодичні міжнародні науково-практичні семінари.
У 2014р. ТДСВ був присвячений проблемі нематоди і проходив у Німеччині.