

130,00

Д. Д. СІГАРЬОВА
Л. А. ПИЛИПЕНКО
О. І. БОРЗИХ
А. М. КОВТУН

Сільсько- господарська НЕМАТОЛОГІЯ



УДК 632.651
С 36

Рекомендовано до друку
вченою радою Інституту захисту рослин НААН
19 травня 2016 р. (протокол № 7)

С 36 Сігарьова Д. Д., Пилипенко Л. А., Борзих О. І., Ковтун А. М.
Сільськогосподарська нематологія. – К.: Аграр. наука, 2017. –
340 с. + 16 с. вкл.

Рецензенти:

М. М. Кирик – академік НААН, професор;
В. В. Корнюшин – доктор біологічних наук, професор

ISBN 978-966-540-465-1

Монографію присвячено дослідженню надзвичайно важливій, недостатньо вивченій у нашій країні проблемі нематодних захворювань сільськогосподарських культур, а також вивченню закономірностей формування комплексу фітонематод у польових агроценозах, виявленню регуляторних механізмів нематодних угруповань, оцінці протинематодної ефективності основних прийомів агротехніки як теоретичної основи для вирішення завдань моніторингу нематодозів і розробки систем захисту польових культур від фітогельмінтозів в Україні. Сформульовано й обґрунтовано наукове положення про наявність у польових агроценозах стабільного комплексу видів нематод, адаптованих до екологічно збіднених умов агроценозів, які постійно змінюються. Виявлено тенденцію до кількісного та якісного зміння видового складу комплексу нематод, зокрема, звуження спектра паразитичних видів. Доведено, що вихід за межі динамічного балансу окремих видів фітогельмінтів викликає фітогельмінтози. Вперше у світовій практиці вивчено шкодочинність не лише окремих видів, а й усього комплексу паразитичних нематод, який завжди супроводжує ту чи іншу польову культуру. Висвітлено питання раніше не з'ясованих втрат врожаю пшениці озимої, буряків цукрових, картоплі та інших сільськогосподарських культур, що спричинюють нематодози в Україні. Оптимізовано систему нематологічних обстежень, що дає змогу швидко, ефективно та з мінімальними затратами виявляти на полях паразитичних нематод, яка стала основою нематологічного моніторингу. Виявлено протинематодну ефективність окремих прийомів агротехніки в різних зонах землеробства та надано рекомендації щодо їх практичного використання залежно від природних умов.

Розраховано на фахівців із захисту і карантину рослин, нематологів, спеціалістів діагностичних лабораторій, а також науковців, аспірантів і студентів профільних навчальних закладів біологічних та сільськогосподарських наук.

УДК 632.651

© Д. Д. Сігарьова, Л. А. Пилипенко,
О. І. Борзих, А. М. Ковтун, 2017

© Державне видавництво
«Аграрна наука» НААН, 2017

ISBN 978-966-540-465-1

ЗМІСТ

ВСТУП	7
-------------	---

Розділ 1

ФІТОНЕМАТОЛОГІЯ ЯК ВСЕСВІТНЯ НАУКА	9
---	----------

1.1. Історичний нарис нематологічних досліджень	10
1.2. Розвиток фітонематології в Європі	11
1.3. Розвиток фітонематології у Сполучених Штатах Америки	13
1.4. Розвиток фітонематології в колишньому СРСР	18
1.5. Особливості становлення і розвитку сільськогосподарської нематології в Україні: проблеми та перспективи	20

Розділ 2

МОРФОЛОГІЯ ТА АНАТОМІЯ ФІТОПАЗИТИЧНИХ НЕМАТОД	27
--	-----------

2.1. Особливості будови тіла фітонематод	27
2.2. Морфологічні особливості нематод, що використовуються для їх визначення	37
2.3. Морфологічні ознаки діагностування червоподібних нематод	38
2.4. Морфологічні ознаки діагностування видів цистоутворюючих та галових нематод	40

Розділ 3

ОСНОВНІ РИСИ БІОЛОГІЇ ФІТОПАЗИТИЧНИХ НЕМАТОД	45
---	-----------

3.1. Утворення яєць, запліднення, ембріональний та постембріональний розвиток нематод	46
3.2. Тривалість циклу розвитку нематод і фактори, що впливають на нього	49
3.3. Взаємовідносини нематод з рослинами, способи ушкодження рослин та симптоми ураження	51

Розділ 4

СИСТЕМАТИЧНИЙ ОГЛЯД ФІТОПАРАЗИТИЧНИХ НЕМАТОД	56
4.1. Таксономічна належність найбільш поширених родів.....	56
4.2. Загальна характеристика основних родів і видів фітопаразитичних нематод.....	58

Розділ 5

МОНІТОРИНГ НЕМАТОДОЗІВ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН	140
5.1. Види фітопаразитичних нематод, виявлені в агроценозах України.....	142
5.2. Визначення видової належності фітонематод.....	149
5.2.1. Діагностування червоподібних нематод.....	152
5.2.2. Діагностування цистоутворюючих та галових нематод.....	156
5.3. Попереднє діагностування нематодних захворювань рослин.....	179
5.3.1. Ознаки ураження надземних органів рослин.....	180
5.3.2. Ознаки ураження підземних органів рослин	182
5.4. Еколого-біологічні особливості цистоутворюючих, галових та червоподібних видів фітопаразитичних нематод.....	184
5.5. Методи проведення моніторингу	190
5.5.1. Методи відбору проб	190
5.5.2. Методи виділення нематод із проб рослин і ґрунту	192
5.5.3. Методи виготовлення мікропрепаратів для ідентифікації фітонематод	198
5.6. Етапи проведення моніторингу	199
5.6.1. Цистоутворюючі нематоди.....	199
5.6.2. Червоподібні нематоди.....	201
5.7. Особливості проведення нематологічного моніторингу квіткових рослин.....	203
5.7.1. Моніторинг фітопаразитичних нематод в ботанічних садах.....	204
5.7.2. Моніторинг фітопаразитичних нематод квітково-декоративних рослин в тепличних комплексах	211

Розділ 6

НАЙБІЛЬШ НЕБЕЗПЕЧНІ НЕМАТОДОЗИ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН ТА СИСТЕМИ ЗАХИСНИХ ЗАХОДІВ	220
6.1. Сучасний стан досліджень щодо контролю нематодозів у системі фітосанітарної безпеки України	223
6.1.1. Головні сільськогосподарські культури в Україні.....	223
6.1.2. Перелік найбільш небезпечних нематодозів	226
6.2. Нематодози пшениці.....	231
6.2.1. Шкодочинність комплексу нематод	233
6.2.2. Злакова нематода (<i>Heterodera avenae</i>): поширення, шкодочинність.....	236
6.2.3. Захисні заходи	239
6.3. Нематодози картоплі.....	246
6.3.1. Глободероз картоплі	246
6.3.1.1. Шкодочинність <i>Globodera rostochiensis</i>	248
6.3.1.2. Заходи захисту картоплі від глободерозу	249
6.3.2. Дитиленхоз картоплі.....	253
6.3.2.1. Поширення та шкодочинність <i>Ditylenchus destructor</i> на картоплі	253
6.3.2.2. Заходи захисту картоплі від дитиленхозу.....	254
6.4. Нематодози буряків цукрових	257
6.4.1. Гетеродероз буряків цукрових: поширення та шкодочинність <i>Heterodera schachtii</i>	257
6.4.2. Інші нематодози буряків цукрових	260
6.4.3. Захисні заходи	261
6.5. Гетеродероз ріпаку	268
6.5.1. Поширення та шкодочинність <i>Heterodera schachtii</i>	268
6.5.2. Захисні заходи	269
6.6. Нематодози сої	272
6.6.1. Поширення та шкодочинність соєвої нематоди <i>Heterodera glycines</i>	272
6.6.2. Комплекс профілактичних та захисних заходів	274

6.7. Афеленхїдоз рису	276
6.7.1. Поширення та шкодочинність <i>Aphelenchoides besseyi</i>	276
6.7.2. Комплекс профілактичних та захисних заходів	277
6.8. Галові нематоди (<i>Meloidogyne spp.</i>) – збудники хвороб овочевих культур захищеного ґрунту	284
6.8.1. Поширення та шкодочинність	284
6.8.2. Способи захисту	285
6.9. Нематодози квітково-декоративних рослин	288
6.9.1. Основні види паразитичних нематод	288
6.9.2. Профілактичні та захисні заходи	293
6.10. Бурсафеленхоз соснових лісів	296
6.10.1. Поширення, шкодочинність	296
6.10.2. Комплекс профілактичних та захисних заходів	299
Список використаних джерел	302

ВСТУП

Сільськогосподарська нематологія – це одна із складових сільськогосподарської науки, основним завданням якої є розробка засобів і методів захисту рослин сільськогосподарського та іншого призначення, багаторічних і лісових насаджень, дерев, чагарників, рослинності захищеного ґрунту від фітопаразитичних нематод.

В Україні функції державного нагляду у сфері захисту рослин покладено на Державну фітосанітарну службу, результати діяльності якої узагальнюються у щорічних звітах, оглядах і прогнозах. Знайомство із цими документами засвідчує, що проблемам нематодозів рослин в Україні приділяється недостатня увага, оскільки відомостей щодо поширення та шкідливості цієї групи небезпечних організмів рослин у них є вкрай обмеженими. За оцінкою вчених, від нематодних хвороб рослин в світі щорічно гине в середньому 11–14 % врожаю сільськогосподарських культур, що оцінюється у 80 млрд дол. США (Nicol et al., 2011). Високі показники втрат обумовлені складністю проведення захисних заходів через труднощі моніторингу фітопаразитичних нематод, переважною відсутністю експрес-методів ідентифікації та обліку їх чисельності, обмеженістю асортименту екологічно безпечних нематодцидів та стійких сортів (Sasser, 1989), і як наслідок – слабкою обізнаністю фітосанітарних інспекторів, як і виробників, щодо цих шкідливих організмів рослин.

Саме такі негативні явища в сфері захисту рослин обумовили необхідність підготовки спеціалізованого курсу «сільськогосподарська нематологія», формування якого стало своєрідним підсумком двадцятирічної діяльності єдиної в країні лабораторії нематології, що була створена в Інституті захисту рослин Національної академії аграрних наук України в 1991 р.

Початкові етапи становлення сільськогосподарської нематології включали цикли наукових досліджень відносно нематодозів пшениці озимої, картоплі, буряків цукрових, ріпаку, овочевих культур захищеного ґрунту, а також декоративних та лісових культур. Ці наукові пошуки дали змогу обґрунтувати такі теоретичні твердження: сформульовано положення про наявність у польових агроценозах стабільного комплексу нематод, який складається з порівняно невеликої кількості видів (49–51), адаптованих до виживання в нестабільних умовах агроценозів, і які реагують на них значними кількісними змінами в популяціях; виявлено зворотну залежність маси рослин та врожайності від сумарної чисельності характерних для кожної культури видів паразитичних нематод; теоретично обґрунтовано й практично доказано ефективність впливу на щільність популяцій нематод таких агротехнічних факторів і заходів, як видовий і сортовий склад культур на полях, сівозміна, попередник, спосіб обробітку ґрунту, удобрення, протруювання насіння тощо.

Головну увагу при цьому приділяли пошуку легкодоступних, енергоощадних й ефективних методів виявлення фітопаразитичних нематод, визначенню їх видового складу, динаміки чисельності й шкідливості, опису симптомів і характеру пошкоджень рослин, встановленню порогів шкодочинності та складанню прогнозів. Таким чином, було зроблено крок від загальної до прикладної, а саме – сільськогосподарської нематології, основи якої і будуть представлені в цій книзі.

Розділ 1

ФІТОНЕМАТОЛОГІЯ ЯК ВСЕСВІТНЯ НАУКА

Фітонематологія – це наука, що вивчає паразитичних червів (гельмінтів) та хвороби рослин, які викликаються ними (нематодози або фітогельмінтози), а також займається розробкою протинематодних заходів захисту рослин, і є одним із розділів захисту рослин.

Фітогельмінти, або фітопаразитичні нематоди являють собою надзвичайно обширну групу паразитичних червів, які знайдено в рослинах у всіх країнах світу.

За кордоном (США, Німеччина, Велика Британія, Голландія та ін.) на розвиток нематології витрачають значні грошові ресурси, що дає змогу утримувати чисельні нематологічні лабораторії.

У США, як і в багатьох країнах світу, нематологія належить до пріоритетних галузей науки. Нематологічні дослідження ведуть на 60% експериментальних станціях, курс нематології читають в 39 університетах (Ritter, 1981). Витрати на нематологічні дослідження постійно зростають і становлять більший відсоток порівняно з витратами на фітопатологію і вірусологію, а також фітоентомологію (Метлицький, 1990). Боротьба з фітонематодами здійснюється в рамках програми інтегрованого регулювання чисельності шкідливих організмів (Bird, Thomason, 1980).

У Південній Америці з початку 80-х років XX ст. нематологію виділено в самостійну галузь захисту рослин (Maura Romero, 1979).

В Італії є Інститут сільськогосподарської нематології (Барі). Крім того, є лабораторії в Інституті ентомології (Неаполь), в різних університетах і на станціях щодо боротьби з хворобами рослин (Lambri, Palmisano, Marinary, 1983).

В Індії, де за останні 25 років надруковано понад 500 робіт з нематодних хвороб рослин, нематологія є самостійним предметом в різних сільськогосподарських вузах (Anonim, 1987). Тільки в тропічних країнах працює 278 нематологів у 142 наукових закладах тощо.

З розширенням досліджень з'являється дедалі більше даних про розміри збитків від нематод, які, за повідомленням Е. С. Турлігіної

(1984), становлять $\frac{1}{4}$ загальних втрат світової рослинницької продукції від шкідливих організмів. Проте і ця цифра може бути занижена, бо навіть у найрозвиненіших країнах немає повного їх обліку. Комітет з оцінки втрат врожаю спілки нематологів США повідомляє, що систематично надходить інформація про втрати врожаю на бобових, арахісу, тютюну і сої, щодо інших культур така інформація часткова (Anonim, 1987). Найшкідливіші в США галова і соєва нематоди. Втрати врожаю від соєвої нематоди, яка розповсюджена в 22 штатах із 30, що вирощують сою, становить 680 млн т (Carlson, Headley, 1987).

В Австралії, де понад 2 млн га заражено вівсяною нематодою, втрати врожаю пшениці становлять 480 тис. т щорічно, загальною вартістю 72 млн австралійських доларів (Meagher, 1982).

В Індії збитки від картопляної нематоди щорічно досягають 421,8 млн рупій (Subramanigan, 1989).

В Європі найшкідливішими є нематоди родів Глободера, Гетеродера, Пратилекус. В Німеччині бурякова нематода знищує $\frac{1}{4}$ частку врожаю. Величезні кошти витрачають у світі на захист від нематодних хвороб. Незважаючи на високу токсичність і велику вартість, широко застосовують нематотициди. У США нематотицидами щороку обробляють 700 тис. га орної землі (бавовна, соя, кукурудза, тютюн), у Великій Британії – 52,5 тис. га (картопля, цибуля, буряк цукровий), в Австралії – 50 тис. га (пшениця та інші злаки). В Японії для хімічної боротьби із в'яненням сосни, що спричинюється нематодою бурсафеленхус, виділено понад 45 млн дол. США (Anonim, 1987a). Разом з хімічними засобами боротьби широко застосовуються агротехнічні заходи і стійкі сорти.

1.1. ІСТОРИЧНИЙ НАРИС НЕМАТОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Перші відомості про знаходження рослинних нематод з'явилися лише після винаходу Левенгуком (1632–1723) мікроскопа, оскільки неозброєним оком цих маленьких тваринок виявити неможливо. Бореліус уперше спостерігав нематод під мікроскопом і у 1656 р. описав оцтову вугрицю (*Turbatrix aceti*). Але пройшло ще майже 100 років, поки з'явилося перше повідомлення про нематод, які паразитують на рослинах. Нідхем (1744) виявив вугриць у галах колосків пшениці. І лише в 1799 р. нематоди із галів пшениці були описані Штейнбухом як вид *Vibrio tritici*. Тепер цей вид має назву *Anguina tritici*.

У XX ст. багато вчених у різних країнах світу стали нематологами і розвивали основи нематології. Серед них Micoletzky і Fuchs в Австрії, Філіп'єв у Росії, de Coninck – у Бельгії, Goodey – у Великій Британії, Goffart – в Німеччині, Cobb – в США. У 1941 р. роботу Філіп'єва було перекладено і опубліковано під назвою «Керівництво по сільськогосподарській гельмінтології». Вона й досі є цінним надбанням для дослідників. Праці Томаса Гуді «Рослинні паразитичні нематоди і хвороби, які вони викликають» (1933) і «Ґрунтові і прісноводні нематоди» (1951) досі розглядаються як класичні і є цінними посібниками в нематологічних бібліотеках. Європейську спілку нематологів було засновано у 1955 р., а перший випуск журналу «Nematologica» було видано у 1956 р. Ряд найважливіших робіт з нематології завершують праці Уоліса (Wallace) з біології рослинних паразитичних нематод, видані у 1963 р., та de Coninck видані у «Traite Zoologie». Лідерами в розвитку фітонематології XX ст. у дослідницьких та учбових центрах Європи є: Jones – на Ротамстедській сільськогосподарській дослідній станції, Peters – в Імперському коледжі, Seinhorst і Oostenbrink – у Вагенінгені, de Coninck – у Генті, Goffart і Weischer – у Мюнхені, Ritter – у Антибі, Braun – у Парижі, Luc – у Африці.

У колишньому СРСР засновниками фітонематології, крім І. М. Філіп'єва, були О. О. Парамонов і К.С. Кір'янова. В Україні перші фундаментальні дослідження належать О. О. Устінову та І. Й. Корабу.

1.2. РОЗВИТОК ФІТОНЕМАТОЛОГІЇ В ЄВРОПІ

Незважаючи на те, що перші види нематод були описані ще у XVIII ст., більш інтенсивний розвиток нематології датується лише серединою XIX ст. В цей час з'являються монографії Ф. Дюжардена (1845), Бастіана (1865), Шнейдера (1866), Бючлі (1873) і де Мана (1884), в яких описуються деякі види нематод, що паразитують на рослинах.

Монографія Бастіана стосовно родини *Anguillulidae* в 1865 р. стала першою визначною віхою в нематології як науці. Незабаром після неї з'явилися відомі роботи з морфології та таксономії нематод Шнейдера (1866), Бючлі (1873), Орлі (1880), де Мана (1884), що зробили вагомий внесок в ранню історію і розвиток нематології.

У цей самий період були описані і галові нематоди, які є найбільш шкочинними на різних трав'янистих та деревних рослинах. У 1855 р. Беркелі (Berkeley) описав хворобу огірків, яка супроводжу-

валась утворенням кореневих галів, заповнених самками і личинками нематод. У 1879 р. Корню (Cornu, 1879) дав цій нематоді назву *Anguillula marioni*. Тепер цей вид відноситься до роду галових нематод *Meloidogine*. Нематоду *D. dipsaci* із спотворених квіткових голівочок описав Кюн (Kuhn, 1857).

У 1871 р. Шмідт знайшов та описав цистоутворюючу нематоду, яку назвав *Heterodera schachtii* на честь вченого Шахта, який її вперше виявив (Schacht, 1859; Schmidt, 1871).

Серед видів нематод, які були описані в минулому сторіччі, слід назвати горохову *Heterodera goettingiana* (Liebscher, 1892), *Anguillula radicola* (Greff, 1872; тепер *Anguina radicola*), *Tylenchus pratensis* (de Man, 1880; тепер *Pratylenchus pratensis*), *Tylenchus coffeae* (Zimmerman 1898; тепер *Pratylenchus coffeae*).

Тоді було описано полуничну нематоду *Aphelenchoides fragariae* (за Ritzema-Bos, 1891 – *Aphelenchus fragariae*).

Є декілька родів нематод, які були описані ще наприкінці XIX ст. і зберегли свої назви до цього часу. Це такі роди, як *Anguina* (Scopoli, 1777); *Aphelenchoides* (Fischer, 1894); *Aphelenchus* (Bastian, 1865); *Dorilaimus* (Dujardin, 1845); *Heterodera* (Schmidt, 1871); *Meloidogine* (Goldi, 1887) (встановлений лише у 1949 р.), *Tylenchus* (Bastian, 1865).

Більш швидкими темпами розвивалась фітонематологія у XX ст. Продовжувались роботи з систематизації нематод, вивчалась їх біологія, розроблялись засоби боротьби.

Не можна не згадати видатного англійського нематолога Томаса Гуді (1885–1953), який у першій половині XX ст. видав цілий ряд фундаментальних робіт. Основні з них «Рослинні паразитичні нематоди і хвороби, які вони викликають» (1933) та «Ґрунтові та прісноводні нематоди» (1951), які і сьогодні користуються широкою популярністю та цитуються всіма нематологами світу. Слід зазначити, що його син, Джон Гуді (1914–1965), також став визначним нематологом. Він переробив та доповнив книгу батька «Ґрунтові та прісноводні нематоди» (1963), а також видав ряд оригінальних праць, серед яких неперевершений методичний посібник «Лабораторні методи роботи з рослинними і ґрунтовими нематодами» (1963).

З'являється робота Марциновської (Marcinowski, 1909), в якій вона зробила спробу поділити рослинних нематод на паразитичних і напівпаразитичних. У цей самий час Циммерман (Zimmerman, 1914) виявив поблизу м. Росток (Німеччина) картопляну нематоду, а Валленвебер

(Wollenweber, 1923) описав та назвав її *Heterodera rostochiensis* (тепер – *Globodera rostochiensis*). Цьому виду присвячено роботи Баунаке (Baunacke, 1922) і Рейнмута (Reinmuth, 1929), які досліджували біологію картопляної нематоди та засоби боротьби з нею. Слід зазначити, що саме Рейнмут був ініціатором введення спеціального курсу «Фітонематологія» в програму лекцій для студентів сільськогосподарського профілю Ростоцького університету, де він працював викладачем.

Німецький вчений Гоффарт (Goffart) зробив багато зусиль щодо освоєння фітонематології службою захисту рослин, а також практичними працівниками – з агрономії та садівництва. Він є автором кількох фундаментальних монографій з нематології, серед яких найвідоміша «Нематоди культурних рослин Європи» (1951).

Після Другої світової війни темпи розвитку фітонематології значно прискорилися. Вийшли в світ фундаментальні монографії Остенбринка, присвячені картопляній нематоді, Франкліна – цистоутворюючим нематодам роду *Heterodera*. У повоєнні роки розпочались дослідження зі створення сортів картоплі, стійких до картопляних цистоутворюючих нематод. Вони були започатковані в Англії і Голландії (Ellenby, 1948, 1952; Toxopeus, Huijsman, 1952), а потім у Німеччині та інших країнах.

На початку 1950-х років з'явилися роботи Остенбринка по ґрунтовтомі в розсадниках деревних культур (Oostenbrink, 1954, 1955). Він доказав, що викликають її мігруючі кореневі нематоди. У цей самий час Хьюїт, Раскі і Гохін довели роль нематод у перенесенні рослинних патогенних вірусів (Hewitt, Raski, Goheen, 1958).

Швидкий розвиток нематології вимагав тісних міжнародних зв'язків, що привело до створення в 1953 р. Європейської спілки нематологів. На кінець 70-х років XX ст. вона нараховувала 372 нематологи із 47 країн.

1.3. РОЗВИТОК ФІТОНЕМАТОЛОГІЇ У СПОЛУЧЕНИХ ШТАТАХ АМЕРИКИ

Хоча огляд нематологічних проблем у сільському господарстві було зроблено Аткінсоном, Нейлом, Халстедом, Стоуном і Смітом ще в XX ст., ключовий момент в розвитку нематології почався з приходом Кобба (N. Cobb) у Відділ сільського господарства США у 1907 р. Крім того, що його вклад у науку був дуже великим, він також сприяв

створенню і розвитку першого центру нематологічних досліджень і навчання, який у 1929 р. отримав статус відділу. Його студенти і колеги сформували основи нематології і стали її лідерами. Ми знаємо, що й сьогодні у США Кобба часто згадують як «батька нематології».

Значна заслуга Кобба у визнанні нематології самостійною наукою (Cobb, 1913, 1917). Крім вкладу в систематику (заснував такі роди паразитичних нематод, як *Tylenchorhynchus*, *Dolichodorus*, *Trychodorus* і *Xiphinema*), Кобб запропонував такі терміни, як «нематологія», «нематолог», «нематиди» і ін. Ці терміни стали основними в нематології і дозволили сформулювати характерні особливості її як самостійної і важливої для практики сільського господарства науки.

Роботи Кобба дуже багатосторонні. Він був прихильником детальних і точних ілюстрацій. Застосування ним фотоапарата дало таку якість у таксономічній ілюстрації, якій не було рівних. Він зробив багато відкриттів у галузях таксономії нематод, їх морфології та методології. Багато із розроблених ним методів використовуються і сьогодні. Кобб також зробив внесок у розвиток вчення про рослинні паразитичні й вільноживучі нематоди, що допомогло відокремити від гельмінтології окрему нову галузь науки – нематологію. Його школа продовжує активну діяльність і перетворилась у спілку з понад 750 членами. Безпосередніми учнями Кобба були: Бюхрер, Чітвуд, Хрісті, Куртней, Стейнер, Тхорн, Тілер (E. Buhner, B. Chitwood, J. R. Christie, W. D. Courtney, G. Steiner, G. Thorne, J. Tyler). Чітвуд, хоча і був дуже складною людиною, щоб працювати під керівництвом Кобба, у той самий час був блискучим вченим і спостережливим біологом. Його книга «Введення в нематологію», що вийшла в 1950 р., була непересячною компіляцією його знань в галузі нематології, і все ще використовується як посібник для багатьох студентів-нематологів.

Чітвуд почав кар'єру у 1928 р., працюючи з Коббом, потім працював у Бюро тваринницької промисловості (1931–1937) і потім знову повернувся у Бюро рослинницької промисловості, де працював до 1949 р. Після цього він перейшов до Католицького університету, де працював протягом двох років. З 1942 по 1962 р. Чітвуд займає посаду нематолога у штатах Кентуккі, Мічигані, Флориді, Каліфорнії і на Гавайях. Різноманітна дослідницька діяльність і значна кількість місць роботи визначили його великий вплив на багатьох нематологів США. На початку 1950-х років, у той час, коли він читав лекції з нематології в Католицькому університеті у Вашингтоні, його студентами,

які бажали отримати кваліфікацію дипломованого спеціаліста-нематолога, були зареєстровані в Університеті штату Меріленд, які брали курси нематології в Католицькому університеті; їх дисертаційні роботи виконувались під керівництвом персоналу у відділі нематології Міністерства сільського господарства США, станції рослинництва (рослинницької промисловості). Деякі з ранніх стажерів – E. J. Cairns, A. M. Golden, W. R. Jenkins, J. N. Sasser, A. C. Tarjan, які прийшли в нематологію цим шляхом, потім зробили великий внесок у розвиток нематології.

Хрісті (J. A. Christie) пропрацював більшу частину своєї кар'єри нематологом на Дослідницькій станції Міністерства сільського господарства США у Флориді, проводив дослідницьку роботу та викладацьку діяльність у південно-східних штатах США. Його книга «Нематоди рослин, їх біологія і контроль», видана у 1959 р. була першою компіляцією стану знань виключно з паразитичних нематод рослин. Ця книга містить багато інформації для сільськогосподарських виробників. Хрісті також проводив дослідження, які демонстрували важливість (небезпечність) ектопаразитичних нематод для сільського господарства.

Стейнер (G. Steiner) працював разом з Коббом у відділенні нематології Міністерства сільського господарства США. Крім того, він досліджував паразитичних нематод рослин та комах, і зробив значний внесок у вивчення морфології і таксономії цих груп. Стейнер був також відомий як викладач, і проводив індивідуальне навчання на Станції рослинництва (виробництва рослин).

Одним з учнів Стейнера був Al. Taylor, який виконував першу нематологічну програму на дослідницькій станції Міністерства сільського господарства США (штат Джорджія (Tifton), потім повернувся у Вашингтон (округ Колумбія), щоб стати спадкоємцем Стейнера на посту керівника нематологічної секції. Він залучив до роботи таких відомих на сьогодні нематологів, як Дропкін (V. H. Dropkin), Ендо (B. Y. Endo), Фезуліотіс (G. Fassuliotis), Фельдмессер (J. Feldmesser), Голден (A. M. Golden), Гуд (J. M. Good). Саме під керівництвом Тейлора Белтсвілл став центром нематологічних досліджень з міцним штатом дослідників і працівників на багатьох польових дослідницьких станціях Міністерства сільського господарства США. Один з його учнів – J. M. Good – починав свою кар'єру як і Taylor – в Тіфтоні (Tifton), а потім став четвертим керівником нематологічної програми в Белтсвіллі (Beltsville).

Джеральд Торн (Gerald Thorne) створив постійну нематологічну лабораторію на заході США, яка була розташована в Солт Лейк Сіті (Salt Lake City) у штаті Юта. Головний акцент роботи Торна – збирання першої великої колекції нематод. Він написав монографію, яка включала понад 60 родів нематод, і видав у 1961 р. перший великий підручник «Принципи нематології». Він мав значний вплив на розвиток нематологічних досліджень у західних штатах. Хоч Торн підготував багато нематологів, одним з найбільш відомих став Мерлін Ален (Merlin Allen). Він отримав перший університетський диплом як спеціаліст з нематології у 1948 р. в Університеті Каліфорнії в Берклі (Berkeley). Студенти, які навчались на цьому курсі, згодом створили перший і єдиний відділ нематології, де сформувались такі нематологи, як W. H. Hart, D. J. Raski, R. A. Davis, S. A. Sher (Університет Каліфорнія Riverside). Ще одним студентом Алена був Н. I. Jensen, який проводив нематологічні дослідження і викладав у Державному університеті штату Орегон. W. R. Nickle, також був одним із студентів Алена.

З 1950 по 1960 р. у США спостерігався значний розвиток нематології. Створення в 1943 р. препарату 1,3-Д Уолтером Картером (Walter Carter) у Науково-дослідному інституті ананаса на Гавайях, а в 1945 р. нематотицида для паразитичних нематод рослин у сільськогосподарському виробництві хімічною Компанією EDB Dow дало поштовх для залучення в нематологію нових молодих дослідників. Ентузіазм і інтерес до нематології були посилені організацією J. N. Sasser у 1959 р. Південної регіональної літньої сесії дипломованих спеціалістів-нематологів у Державному коледжі у Північній Кароліні. Сесія поєднала центральний і регіональні центри. Було видано підручник зі стану даної проблеми на той час (Sasser, Jenkins, 1960). Сесія також сформувала ядро вчених, які у 1960 р. організували Товариство нематологів. Товариство зросло приблизно на 100 членів на рік до 1965 р., і зараз нараховує близько 750 членів по всьому світу.

У 1960 р. Tarjan поєднав переліки рослинних і ґрунтових нематод, а у 1967 р. Jenkins і Taylor видали другий підручник з фітонематології («Рослинна нематологія»). У цей час підвищився інтерес до тропічних нематод і було утворено Товариство тропічних американських нематологів (1967 р.). У 1968 р. Smart і Perry почали публікувати журнал «Тропічна нематологія».

Другим важливим раннім дослідницьким і учбовим центром нематології був Корнельський університет під керівництвом W. F. Mai, який першим створив ілюстрований ключ для визначення паразитичних нематод рослин (Mai, Lyon, 1960) і посібник з контролю чисельності нематод (Mai et al., 1968). Значні роботи проводились також у Політехнічному інституті Вірджинії під керівництвом L. Miller та в Університеті штату Іллінойс під керівництвом M. B. Linford. Крім того, в Канаді працювали такі відомі нематологи, як A. D. Baker, J. E. Boshier, R. J. Hastings, R. H. Mulvey і W. B. Montain.

У 70-х роках XX ст. з'явилося ряд публікацій з паразитичних нематод рослин. Він включає два томи «Паразитичні нематоди рослин» за редакцією Zuckerman та ін., що вийшли у 1971 р., «Економічна нематологія» Вебстера (Webster) – у 1972 р., Tarjan і Hopper «Номенклатурна компіляція рослинних і ґрунтових нематод» – у 1974, «Екологія паразитичних нематод рослин» Нортон (Norton) – у 1978, підручник Дропкіна (Dropkin) «Введення в рослинну нематологію» – у 1980 р., і, нарешті, підручник Maggenti «Загальна нематологія» – у 1981 р.

Дослідницькі й навчальні нематологічні центри зараз працюють у багатьох країнах Європи і Африки, а також в Індії, Австралії, Японії.

Ґрунтоживучі нематоди, включаючи рослинно-паразитичні форми, є дуже важливими компонентами фауни ґрунту, одними з найбільш багаточисельних. Їм приділяють значну увагу при вивченні екології порушених ґрунтів сільськогосподарського призначення та недоторканих ґрунтів природних біотопів. Завдяки інтересу до ґрунтових нематод було значно збільшено колекції й ідентифіковано багато нових видів нематод. Кількість родів і видів паразитичних нематод рослин зросла в усьому світі від 55 і 1239 відповідно у 1967 р., до 134 і 2622 відповідно у 1980 р. Їх кількість продовжує швидко збільшуватись, оскільки інтерес до нематології зростає і збільшується кількість вивчених нематод. На щастя, нові економічні проблеми, пов'язані з паразитичними нематодами в сільському господарстві, з'являються набагато повільніше. У 1979 р. у США було виявлено деревинну соснову нематоду (Dropkin, Foudin, 1979), а у 1980 р. – новий вид галових нематод (Santo et al., 1980). У 1981 р. цистоутворюючу зернову нематоду було вперше виявлено у штаті Меріленд (Sardaneli et al., 1981).