

Е.А. Варфоломеева

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ЧИСЛЕННОСТИ ГАЛЛОВЫХ НЕМАТОД *MELOIDOGYNE* SPP. (TYLENCHIDA: MELOIDOGYNIDAE) В ОРАНЖЕРЕЯХ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Россия, Санкт-Петербург

В оранжерейном комплексе Ботанического сада Петра Великого в 2015–2020 гг. изучали влияние биологических препаратов на развитие мелойдогинозов (возбудители – *Meloidogyne* spp.) у цветочно-декоративных растений. Отмечен нематодицидный эффект при внесении в почву измельченных надземных органов *Brassica oleracea* L., *Nerium oleander* L., *Sinapis alba* L., *Tagetes* sp. Отмечено снижение интенсивности поражения корневых систем и распространенности заболевания при длительном применении растворов масла нима, порошка диоскорей, лактата хитозана. Использование биологических веществ рекомендовано в качестве профилактического метода контроля нематодозов в условиях оранжерей.

Ключевые слова: *Meloidogyne*, контроль, биологический метод, масло нима, лактат хитозана, диоскорей

Цитирование: Варфоломеева Е.А. Опыт использования биологических методов контроля численности галловых нематод *Meloidogyne* spp. (Tylenchida: Meloidogynidae) в оранжереях Ботанического сада Петра Великого // Промышленная ботаника. 2022. Вып. 22, № 2. С. 40–48. DOI:10.5281/zenodo.7394500

Введение

Ботаническим садам приходится сталкиваться с проблемой высокой численности различных фитопатогенных организмов. При этом одним из наиболее вредоносных патогенов растений являются фитонематоды, или фитогельминты – группа круглых червей, включающая более 4000 видов, паразитирующая на растениях и являющаяся существенным фактором биотического стресса в растениеводстве. Нематоды относятся к числу наиболее вредоносных групп фитофагов в условиях защищенного грунта. На долю нематодозов приходится свыше 10 % ущерба от общего числа экономических потерь, наносимых фитопаразитами мировому сельскому хозяйству. Фитопаразитические нематоды в ботанических садах представляют собой достаточно трудный объект для изучения, диагностики и разработки мер борьбы, поскольку это требует специальных знаний, практического опыта и существенных материальных затрат. Большую работу по изучению биологии фи-

топатогенных нематод, разработке методов их диагностики и контроля провели такие зарубежные и отечественные исследователи как Х. Деккер [7], Д.Дж. Читвуд (D.J. Chitwood) [21], В.Р. Никль (W.R. Nickle) [24], С.В. Зиновьева [10], Е.С. Кирьянова и Э.Л. Кралль [11, 12], А.Ю. Рысс [14], В.Н. Чижов [17, 18] и др. Вопросы, связанные с мониторингом и контролем нематодозов цветочно-декоративных, тропических и субтропических культур в условиях закрытого грунта, освещены в публикациях М.А. Матвеевой [13], А.И. Губина [5, 6], Д.Д. Сigareвой и соавторов [15].

В настоящее время в оранжереях ботанического сада Петра Великого выявлено 16 видов фитопаразитических нематод [4]. Наиболее распространенными и вредоносными являются галловые нематоды.

Основные симптомы нематодозов – отставание роста, деформации надземных и подземных органов растений, хлорозы, снижение интенсив-

ности цветения и плодоношения. Характерным внешним признаком мелойдогинозов – заболеваний, вызванных различными видами семейства Meloidogynidae, является наличие галлов, опухолевидных разрастаний пораженных тканей корней, корневищ, корневых шеек, соприкасающихся с почвой. Галлы и вздутия могут быть размером от макового зерна до нескольких сантиметров в диаметре и весом до 200 г. В качестве корневых источников галловые нематоды используют более 250 видов растений [10].

В защищенном грунте на территории России наибольший вред наносят три вида галловых нематод – южная *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919), яванская *M. javanica* (Treub, 1885) и арахисовая *M. arenaria* (Neal, 1889) [3]. Эти виды характеризуются облигатным партеногенезом, позволяющим быстро наращивать численность при благоприятных условиях.

Важным условием для развития большинства видов галловых нематод является температура почвы. Так, температурный оптимум для *M. incognita* составляет +23–26 °С, для *M. javanica* +26–28 °С. Откладка яиц происходит в интервале от +10 до +38 °С. Для развития личинок мелойдогин в почве необходима температура не менее +5–11 °С. Верхняя летальная температура почвы для инвазионных личинок составляет +60 °С, а нижняя может варьировать от –4 до –10 °С [3]. По данным Т.К. Врайн (Т.С. Vrain) [26], нижний порог развития южной галловой нематоды равен +8,26 °С, а северной – +6,74 °С.

Использование в оранжереях ботанических садов таких агротехнических мероприятий, как севооборот, химическая дезинфекция почвы, пропаривание или термическая обработка грунта, – довольно затруднено или невозможно. Именно поэтому в качестве альтернативных защитно-профилактических мероприятий нами были апробированы биологические методы, особенностью которых является отсутствие токсичности и безопасность для растений и человека.

Цель и задачи исследований

Целью наших исследований являлся поиск путей контроля численности фитопаразитических галловых нематод в оранжерейном комплексе на основе применения биологических препаратов – веществ растительного и синтетического происхождения.

В задачи исследования входила оценка целесообразности и эффективности использования нематодицидных веществ растительного происхождения (масло нима, порошок диоскореи) и элиситоров (лактат хитозана) в условиях оранжерей, а также установление оптимальных норм и сроков внесения этих препаратов.

Объекты и методики исследований

Исследования проводились в течение 2015–2020 гг. в оранжереях Ботанического сада Петра Великого. Объектом мониторинга являлись наиболее поражаемые галловыми нематодами растения из 14 семейств, 18 родов и 29 видов. В опытах с использованием природных нематодицидных препаратов приняли участие 12 видов растений. Размер опытных выборок составлял от 5 до 13 растений в зависимости от представленности видов в коллекциях.

Выделение из почвы и диагностику свободноживущих стадий мелойдогин проводили по стандартным методикам, изложенным в литературе [2, 3, 7]. Помощь в определении видов галловых нематод оказали специалисты А.Ю. Рысс (Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург) и О.А. Чмутова (ФГБУ «Ленинградская межобластная ветеринарная лаборатория», Санкт-Петербург).

Количество личинок в корнях определяли под бинокулярной лупой (МБС-1) после размельчения пораженных тканей в воде. При этом учитывали, что инвазионные личинки галловых нематод рода *Meloidogyne* Göldi, 1892, в отличие от других почвенных нематод, имеют прозрачную (гиалиновую) часть хвоста, самцы имеют стилет, а также отличаются оригинальным расположением спикул. Интенсивность поражения оценивали при пересадке растений по количеству и величине галлов на поверхности земляного кома по пятибалльной шкале [3]: поражение отсутствует – 0 баллов; слабое поражение, одиночные (менее 10) мелкие галлы (диаметром 1,1 мм), поражено до 25 % корневой системы – 1 балл; галлов величиной не более 2,2 мм менее 10 или же мелких галлов от 10–20, поражение корневой системы до 50 % – 2 балла; среднее поражение, галлов величиной не более 3,3 мм меньше 10, более мелких галлов от 10 до 20, поражение корневой системы до 75 % – 3 балла; сильное поражение, галлы крупные, более 3 мм в диаметре или же мел-

ких и средних галлов более 20, поражение корневой системы от 75 % и выше – 4 балла. Основным показателем при балльной оценке являлся размер галлов и характер проявления инвазии. Если возникали сомнения при определении уровня заражения растения, то оценку завышали на 0,5 % балла. Это оправдано, так как часть галлов оставалась в грунте и не участвовала в оценке.

Распространенность (Р, %) мелойдогинозов на исследуемых монокультурах рассчитывали по формуле:

$$P = \frac{n}{N} \times 100 \%,$$

где Р – распространенность болезни в выборке, n – количество больных растений в пробах, N – общее количество растений в пробах.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате многолетних исследований в защищенном грунте нами были выявлены 4 вида галловых нематод и наиболее поражаемые ими растения. Полученные данные представлены в таблице 1.

Одним из путей современной стратегии защиты растений от паразитических нематод является использование природных соединений, вырабатывающихся в тканях различных видов растений и защищающих их от неблагоприятных факторов в естественной среде обитания. Можно выделить несколько основных классов растительных соединений, среди которых есть вещества, оказывающие угнетающее (нематотическое) действие на популяции паразитических нематод [3, 9, 16, 19]. Они накапливаются в качестве первичных и, чаще, вторичных метаболитов растений различных семейств. Так, например, серосодержащие соединения – политиенилы накапливаются у представителей семейства Asteraceae, в частности, в бархатцах (*Tagetes* spp.). Эти соединения обладают высокой нематотической активностью в отношении целого ряда нематод – *Meloidogyne* spp., *Ditylenchus dipsaci* (Kuhn, 1857), *Pratylenchus penetrans* (Cobb, 1917) Filipjev, Schuurmans-Stekhoven, 1941, *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923) [3, 19]. Механизм действия политиенилов основан на образовании атомарного кислорода при распаде этих соединений на свету, который вызывает гибель нематод [3, 16]. Растения олеандра (*Nerium oleander* L.) ядовиты и также характеризуются высокой нематотической ак-

тивностью, что связано с содержанием в них олеандрина, корнерина и гликозидов, токсичных для галловых нематод [19]. Известно, что ткани некоторых растений из семейств Dioscoreaceae и Brassicaceae обладают биоцидным действием после их добавления в почву и способны участвовать в процессе, который получил название «биофумигация». В частности, исследования показали, что некоторые метаболиты диоскорейных и крестоцветных являются хорошим агентом борьбы с различными беспозвоночными-вредителями, включая нематод и насекомых [3, 20, 23].

В опытах с использованием растворов нематотических веществ природного происхождения на протяжении 6 лет участвовало 12 видов цветочно-декоративных растений – представители 9 родов и 7 семейств. При их пересадке в почву регулярно вносили измельченные надземные органы таких «нематотических» растений, как бархатцы (*Tagetes* sp.), олеандр обыкновенный (*Nerium oleander*), горчица белая (*Sinapis alba* L.), капуста огородная (*Brassica oleracea* L.). Для пролива почвы применяли раствор масла нима, получаемого из семян *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae), и раствор порошка диоскорей (*Dioscorea deltoidea* Wall).

В случае использования измельченной ботвы и цветков бархатцев (в летне-осенний период вносились свежие, а в зимний – сухая ботва) было установлено, что оптимальная норма внесения составляет 20–30 г под растение. Отмечено, что наиболее выраженное угнетающее действие на личинок нематод оказывали измельченные цветки.

В процессе регулярного применения (на протяжении 5 лет) сухих цветков олеандра в почву при пересадке была установлена оптимальная норма внесения в один горшок, составившая 5–10 г. Это существенно затормаживало развитие нематоды, причем степень проявления инвазии с годами уменьшалась с 3 баллов до 1. Максимальную эффективность показал вариант внесения сухих цветков в осенний период (сентябрь), так как интенсивный выход личинок в почву наблюдался в конце августа и продолжался до октября.

В течение 6 лет подряд мы вносили в почву, предназначенную для культивирования представителей рода *Passiflora* L., пораженных мелойдогинозом, горчицу (в виде порошка, в количестве 50–100 г на 1 контейнер в зависимости от его объема), а также в отдельные опытные группы – измель-

Таблица 1. Галловые нематоды семейства Meloidogynidae и поражаемые ими растения в оранжереях ботанического сада Петра Великого (по результатам исследований 2015–2020 гг.).

Виды нематод	Поражаемые растения	
	семейство	род / вид
<i>Meloidogyne incognita</i> Chitwood	Cactaceae	<i>Phyllocactus</i> sp.
	Geraniaceae	<i>Pelargonium zonale</i> (L.) L'Hér. ex Aiton
	Myrsinaceae	<i>Cyclamen persicum</i> Miller
	Malvaceae	<i>Bakeridesia sellowiana</i> (Klotzsch) H. Monteiro
	Apocynaceae	<i>Hoya</i> sp.
		<i>Hoya kerri</i> Craib.
	Malvaceae	<i>Callianthe darwinii</i> (Hook.f.) Donnell
	Begoniaceae	<i>Begonia maculata</i> Raddi
		<i>Begonia rex</i> Putz.
		<i>Begonia xanthina</i> Hook. f.
<i>Meloidogyne arenaria</i> (Neal) Chitwood	Bignoniaceae	<i>Tecoma</i> sp.
	Gesneriaceae	<i>Saintpaulia</i> sp.
		<i>Columnea crassifolia</i> Brogn.
	Passifloraceae	<i>Passiflora caerulea</i> L.
	Polygonaceae	<i>Homalocladium platycladum</i> (F. Muell.) Meisn.
	Crassulaceae	<i>Crassula ovata</i> (Mill.) Druce
<i>Meloidogyne hapla</i> Chitwood	Solanaceae	<i>Vestia lycioides</i> Willd.
	Begoniaceae	<i>Begonia nitida</i> Aiton
	Passifloraceae	<i>Passiflora suberosa</i> L.
		<i>Passiflora caerulea</i> L.
		<i>Passiflora laurifolia</i> L.
		<i>Passiflora biflora</i> Lam.
		<i>Passiflora edulis</i> Sims.
		<i>Passiflora discophora</i> P. Jørg. & Lawesson
	Apocynaceae	<i>Hoya</i> sp.
	Melastomataceae	<i>Medinilla magnifica</i> Lindl.
<i>Meloidogyne javanica</i> (Treub) Chitwood	Apocynaceae	<i>Hoya</i> sp.
		<i>Hoya carnosa</i> (L.f.) R.Br.
	Moraceae	<i>Ficus religiosa</i> L.
	Araliaceae	<i>Polyscias fruticosa</i> L. Harms
		<i>Polyscias guilfoylei</i> (W.Bull) L.H. Bailey
	Solanaceae	<i>Solanum pseudocapsicum</i> L.

ченые листья капусты (1–1,5 кг на 10 л почвы). В результате на корнях растений, выращиваемых на таких почвосмесях, развитие новых галлов не наблюдалось.

О нематодной активности масла нима сообщалось в ряде зарубежных публикаций [3, 25, 27 и др.]. В частности, Дж. Росснер и К.П.В. Зебитц (J. Rossner, C.P.W. Zebitz) [25] отмечали значительное снижение проникновения в растения томата личинок *M. arenaria* и *M. incognita*. Нематодная активность масла обусловлена действием

нескольких тетраортритерпеноидов, таких как азадирахтин Н, азадирахтин А, азадирахтин В, деацетилнимбин, деацетилсаланин, абамектин, нимбин и саланин [22, 25].

В условиях оранжерей ботанического сада Петра Великого мы применили метод пролива почвы раствором масла нима в концентрации 0,5 %. Для усиления действия масла в раствор добавляли мочевины (гранулы) из расчета 0,2–0,6 г на один горшок объемом 2 л. Совместное действие мочевины и масла нима подтверждается

данными А.Х. Вани и М. Якуб Бхат (А.Н. Wani и М. Yaqub Bhat) [27]. Этот способ позволил в течение 4 лет существенно снизить развитие мелойдогиноза у 5 видов субтропических и тропических растений – представителей родов *Begonia* L., *Callianthe* Donnell, *Hoya* R.Br., *Passiflora*, *Solanum* L., сильно страдающих от нематодозов в закрытом грунте (табл. 2). Например, у *Passiflora suberosa* L. интенсивность поражения корней снизилась в 2,5 раза – с 3,8 до 1,5 баллов, а распространенность (Р) мелойдогиноза – с 70,0 % до 9,6 % (табл. 2), при этом фитотоксичность используемого масляного раствора не проявлялась.

Применение раствора масла нима дало положительный результат (табл. 2): средний балл поражения корневой системы за четырехлетний период сократился для разных видов исследуемых растений в 1,3–2,5 раза. Минимальный положительный эффект отмечен для корневых систем *H. kerri* Craib. (балл поражения в ходе экспери-

мента уменьшился только в 1,3 раза), максимальный – для *P. suberosa* (балл поражения снизился в 2,5 раза). Из таблицы 2 также видно, что распространенность мелойдогиноза снизилась у всех исследуемых видов в несколько раз, но наиболее существенно – у *P. suberosa* (в 7,3 раза) и *C. darwinii* (в 6,8 раза).

Ткани *Dioscorea deltoidea* содержат фурастоноловые гликозиды (ФГ), относящиеся к классу изопреноидов. Эти соединения выполняют защитную функцию в организме растения, обеспечивая выживание в стрессовых условиях. Они проявляют фунгицидную и антибактериальную активность, являются антифидантами [8, 28]. В течение двух лет (2019–2020 гг.) мы использовали порошок диоскореи для контроля мелойдогиноза, вызванного *M. incognita*, у 5 видов растений – представителей родов *Bakeridesia* Hochr., *Begonia*, *Hoya*, *Passiflora*, *Saintpaulia* H.Wendl. (табл. 3).

Таблица 2. Изменение интенсивности и распространенности (Р) поражения корневой системы мелойдогинозом под воздействием 0,5 %-го раствора масла нима в оранжереях ботанического сада Петра Великого

Род / вид	Начальный средний балл поражения / начальная Р, %	Средний балл поражения / средняя Р, %			
		2017	2018	2019	2020
<i>Begonia maculata</i> Raddi	2,8/80,0	2,7/70,0	2,2/49,8	1,8/30,0	1,2/18,6
<i>Callianthe darwinii</i> (Hook.f.) Donnell	3,8/79,3	3,5/70,1	2,9/50,1	2,5/28,8	1,8/11,6
<i>Hoya kerri</i> Craib.	3,5/75,1	2,5/62,5	2,2/37,5	1,9/25,0	2,6/25,0
<i>Passiflora suberosa</i> L.	3,8/70,0	2,4/50,1	2,0/30,1	1,8/20,1	1,5/9,6
<i>Solanum pseudocapsicum</i> L.	3,1/83,0	2,8/66,6	2,4/48,1	2,1/33,3	1,7/30,0

Таблица 3. Изменение интенсивности и распространенности (Р) поражения корневой системы мелойдогинозом в результате внесения под корень 0,15 %-го раствора порошка диоскореи (*Dioscorea deltoidea* Wall.) в оранжереях ботанического сада Петра Великого

Род / вид	Начальный средний балл поражения / начальная Р, %	Средний балл поражения / средняя Р, %	
		2019	2020
<i>Bakeridesia sellowiana</i> (Klotzsch) H. Monteiro	3,6/75,1	2,3/50,0	1,3/20,2
<i>Begonia rex</i> Putz.	3,5/75,4	2,0/37,5	1,2/25,1
<i>Hoya</i> sp.	3,5/80,1	2,1/60,1	1,6/20,2
<i>Passiflora suberosa</i> L.	3,8/80,0	2,2/40,2	1,1/19,1
<i>Saintpaulia</i> sp.	3,1/83,3	1,9/50,3	1,0/20,2

Во всех случаях отмечали существенное снижение (в 2,3–3,5 раза) среднего балла поражения корневой системы. Например, пролив вегетирующих растений *P. suberosa* раствором порошка диоскореи существенно затормозил процесс поражения корней и снизил балл поражения корневой системы в 3,5 раза к концу эксперимента. Методом подбора было установлено, что наилучший эффект при проливе под корень дает концентрация раствора 0,1–0,15 %, а также определенная кратность внесения препарата, а именно – двукратный пролив в апреле и сентябре. В случае внекорневого внесения порошка диоскореи (опрыскивание) использовали 0,05 % концентрацию, что также положительно сказывалось на состоянии растений. Можно предположить, что ФГ, содержащиеся в порошке диоскореи, стимулируют иммунитет растений, приводя к снижению их зараженности нематодами.

Наилучший эффект от применения раствора наблюдался на растениях *P. suberosa* и *Saintpaulia* sp. Так, средний балл поражения корневой системы у данных видов уменьшился в 2020 г. соответственно в 3,5 и 3,1 раз по сравнению с исходным баллом поражения; процент распространенности снизился у *P. suberosa* в 4,2 раза – с 80,0 % до 19,1 %, а у *Saintpaulia* sp. в 4,1 раза – с 83,3 % до 20,2 % (табл. 3).

Особый интерес с точки зрения альтернативных методов контроля нематодозов представляют собой не только нематодцидные соединения растительного происхождения, но и иные органические вещества, выполняющие роль адаптогенов, или элиситоров. Такие соединения природного или синтетического происхождения способны активизировать неспецифические защитные реакции, повышать (индуцировать) иммуни-

тет, усиливать стрессоустойчивость к абиотическим и биотическим факторам, стимулировать рост и развитие растений [1, 3]. «Экологичность» использования подобных веществ обусловлена тем, что они не токсичны для человека, животных и растений, легко разрушаются в окружающей среде.

Наряду с ФГ для контроля галловых нематод в защищенном грунте перспективны современные препараты на основе хитозана – хитина, очищенного от белков и кальция [1, 3]. Таким препаратом, в частности, является «Экогель» (действующее вещество – лактат хитозана, производитель ООО «Биохимические технологии»), полученный по технологии магнитного структурирования и обогащения препарата ионами серебра. Этот препарат усиливает антистрессовую устойчивость растений при воздействии различных неблагоприятных внешних факторов, включая обработку пестицидами; эффективен против корневых гнилей, аскохитоза, мучнистой росы; работает как индуктор иммунной системы [1, 3].

В ходе 4-летнего эксперимента с применением пролива почвы 2 %-ным раствором «Экогеля» у пяти видов растений были отмечены позитивные изменения состояния корней. Так, в частности, интенсивность поражения корневых систем растений рода *Passiflora* снизилась в 2,7 раза – с 3,8 до 1,4 балла, а распространенность мелойдогиноза у представителей этого вида к концу эксперимента уменьшилась в 6,8 раза и составила 11,6 %. Хороший положительный эффект от применения препарата проявился и у растений *Vestia lycioides* Willd.: распространенность нематодоза на их корнях уменьшилась в 6 раз (с 75,1 % до 12,5 %), а интенсивность поражения сократилась в 1,6 раза (табл. 4).

Таблица 4. Изменение интенсивности и распространенности (Р) поражения корневой системы мелойдогинозом под воздействием 2 %-го раствора лактата хитозана в оранжереях ботанического сада Петра Великого

Род / вид	Начальный средний балл поражения / начальная Р, %	Средний балл поражения / средняя Р, %			
		2017	2018	2019	2020
<i>Begonia nitida</i> Aiton	2,5/87,5	2,3/62,5	2,0/50,3	1,8/35,5	1,6/20,1
<i>Medinilla magnifica</i> Lindl.	3,6/75,1	2,8/62,3	2,5/50,1	2,0/34,5	1,8/19,3
<i>Passiflora suberosa</i> L.	3,8/78,4	1,9/60,0	1,8/49,8	1,8/27,2	1,4/11,6
<i>Saintpaulia</i> sp.	3,5/89,2	2,6/80,0	2,3/59,8	2,0/48,2	1,8/25,1
<i>Vestia lycioides</i> Willd.	2,5/75,1	2,3/62,5	2,0/50,0	1,9/37,5	1,6/12,5

На рисунке на примере *P. suberosa* представлено изменение интенсивности поражения корней при использовании трех биологических препаратов различного принципа действия. Видно, что наилучший эффект наблюдался при длительном применении лактата хитозана (вещество адапто-

зов с использованием нематотических веществ растительного происхождения и элиситоров позволило существенно снизить показатели интенсивности их развития (с 2,5–3,8 до 1,0–2,6 баллов) и распространенности (с 70–89,2 % до 9,6–25,1 %) в разных вариантах опытов.

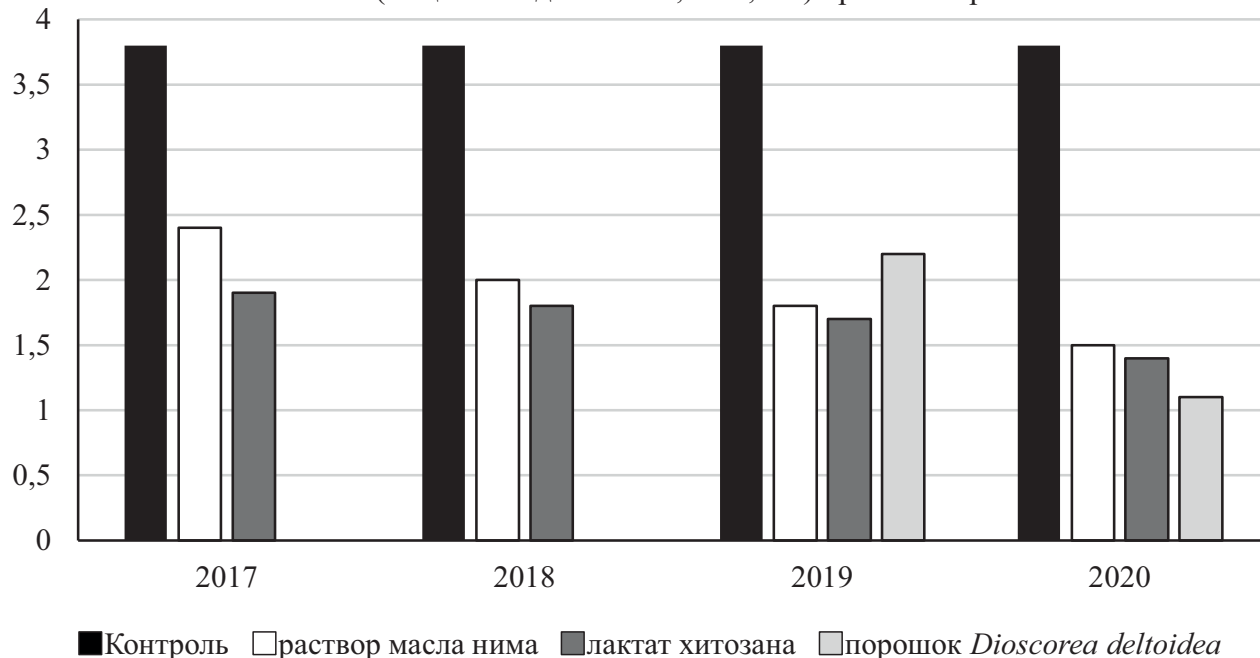


Рисунок. Изменение интенсивности поражения корней *Passiflora suberosa* L. мелойдогинозом при многолетнем использовании биологических препаратов в оранжереях ботанического сада Петра Великого (ось y – средний балл поражения)

Figure. Changes in the damage intensity to the roots of *Passiflora suberosa* L. caused by root-knot nematodes during the long-term use of biological preparations in the greenhouses of the Botanical Garden of Peter the Great (y-axis – average damage score)

генного, или элиситорного действия) и порошка диоскорей (соединение нематотического действия).

Все участвовавшие в наших опытах биологические препараты продемонстрировали позитивный эффект, в той или иной степени выраженный у растений разных видов. Так, в опыте с использованием 0,5 %-го раствора масла нима максимальный нематотический эффект отмечен у растений *Passiflora suberosa*; в опыте с применением 0,15 %-го раствора порошка диоскорей наилучший эффект достигнут на корнях *P. suberosa* и *Saintpaulia* sp.; в опыте с использованием 2 %-го раствора лактата хитозана максимальный положительный эффект отмечен для корневых систем *P. suberosa* и *Vestia lycioides*.

Выводы

В условиях закрытого грунта ботанического сада Петра Великого применение альтернативных методов защиты растений от мелойдогино-

В многолетнем эксперименте полного уничтожения галловых нематод добиться не удалось, что позволяет рекомендовать использование биологических методов контроля в условиях закрытого грунта ботанических садов в качестве профилактических, а не искореняющих.

Положительные результаты от использования нематотических веществ растительного происхождения и элиситоров для контроля мелойдогинозов по-разному проявляются у представителей разных видов растений и становятся заметными только при длительном и регулярном их применении (не менее 2–4 лет).

Работа выполнена в рамках государственного задания по плановой теме «Коллекции живых растений Ботанического института им. В.Л. Комарова (история, современное состояние, перспективы использования)», номер АААА-А18-118032890141-4.

1. Баданова Е.Г., Давлетбаев И.М., Сироткин А.С. Препараты на основе хитозана для сельского хозяйства // Вестник технологического университета. 2016. Т.19, №16. С. 89–95.
2. Бондаренко Н.В., Гуськова Л.А., Пегельман С.Г. Вредные нематоды, клещи, грызуны. М.: Колос, 1993. 271 с.
3. Буторина Н.Н., Зиновьева С.В., Кулинич О.А., Перевертин К.А., Романенко Н.Д., Рысс А.Ю., Спиридонов С.Э., Субботин С.А., Суменкова Н.И., Удалова Ж.В., Чижов В.Н. Прикладная нематология. М.: Наука, 2006. 350 с.
4. Варфоломеева Е.А. Фитопатогенные нематоды в оранжереях ботанического сада Петра Великого // Концептуальные и прикладные аспекты научных исследований и образования в области зоологии беспозвоночных. Сборник статей V Международной конференции. Томск, 2020. С. 259–262.
5. Губін О.І. Нематодні хвороби квітково-декоративних рослин закритого ґрунту ботанічних садів України: автореф. дис. ... канд. біол. наук. Київ, 2013. 24 с.
6. Губін О.І. Нематодні хвороби та їх збудники в закритому ґрунті Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України // Карантин і захист рослин. 2011. № 7. С. 6–9.
7. Деккер Х. Нематоды растений и борьба с ними (фитонематология). М.: Колос, 1972. 444 с.
8. Зиновьева С.В. Физиолого-биохимические механизмы устойчивости растений к фитогельминтам // X Всесоюзное совещание по нематодным болезням сельскохозяйственных культур. Воронеж: ВАСХНИЛ, 1987. С. 42–46.
9. Зиновьева С.В., Васюкова Н.Н. Роль стеринов во взаимодействии растений с фитопаразитами нематод // Доклады АН СССР. 1990. Т. 309, № 5. С. 1273–1276.
10. Зиновьева С.В., Чижов В.Н., Приданников М.В. Фитопаразитические нематоды России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 386 с.
11. Кирьянова Е.С., Кралль Э. Л. Паразитические нематоды растений и меры борьбы с ними. Т. 1. Ленинград: Наука. Ленинградское отделение, 1969. 447 с.
12. Кирьянова Е.С., Кралль Э.Л. Паразитические нематоды растений и меры борьбы с ними. Т. 2. Ленинград: Наука. Ленинградское отделение, 1971. 522 с.
13. Матвеева М.А. Защита растений от нематод. М.: Наука, 1989. 150 с.
14. Рысс А.Ю. Классификация, морфология и эволюция фитонематод семейств Pratylenchidae (отряд Tylenchida), Aphelenchoididae и Parasitaphelenchidae (отряд Aphelenchida): автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Санкт-Петербург, 2008. 50 с.
15. Сігарьова Д.Д., Борзих О.І., Губін О.І., Карплюк В.Г., Ковтун А.М. Паразитичні нематоди квітково-декоративних рослин. Київ: Інтерсервіс, 2017. 312 с.
16. Удалова Ж.В., Зиновьева С.В., Васильева И.С., Пасешниченко В.А. Действие некоторых фитостероидов на взаимоотношения растений и нематод (на примере системы томата – галловая нематода *Meloidogyne incognita*) // Паразитические нематоды растений и насекомых. М.: Наука, 2004. С. 243–252.
17. Чижов В.Н. Эффективность комплекса агротехнических мероприятий в борьбе с галловой нематодой в защищенном грунте // Гавриш. 1999. № 5. С. 24–26.
18. Чижов В.Н., Борисов Б.А., Юрков В.А. Галловые нематоды рода *Meloidogyne* Goeldi в защищенном грунте (видовая диагностика и определение вредоносности) // Гавриш. 1998. № 5–6. С. 12–17.
19. Adekunle O.K., Ruchi A., Singh B. Toxicity of pure compounds isolated from *Tagetes minuta* oil to *Meloidogyne incognita* // Helminthologia. 2011. Vol. 48(3). P. 184–194.
20. Bending G.D., Lincoln S.D. Characterisation of volatile sulphur-containing compounds produced during decomposition of *Brassica juncea* tissues in soil // Soil Biology and Biochemistry. 1999. Vol. 31(5). P. 695–703.
21. Chitwood D.J. Phytochemical based strategies for nematode control // Annual Review of Phytopathology. 2002. Vol. 40. P. 221–249.
22. Khalil Mohamed S. Abamectin and azadirachtin as eco-friendly promising biorational tools in integrated nematodes management programs // Plant pathology & microbiology. 2013. Vol. 4(4). P. 174.
23. Khandy M.T., Titova M.V., Konstantinova S.V., Kochkin D.V., Ivanov I.M., Nosov A.M. Formation of protodioscin and deltoside isomers

- in suspension cultures of Nepal Yam (*Dioscorea deltoidea* Wall.) cells // Biochemistry and Microbiology. 2016. Vol. 52. P. 657–662.
24. *Manual of Agricultural Nematology* / ed. by W.R. Nickle. Boca Raton: CRC Press, 1991. 1052 p.
25. Rössner J., Zebitz C.P.W. Effect of neem products on nematodes on tomato (*Lycopersicon esculentum*) plants // Proceedings of the third International Neem Conference (Nairobi, 10–15 July 1986). Nairobi, 1986. P. 10–15.
26. Vrain T.C., Barker K.R., Holtzman G.I. Influence of low temperature on rate of development of *Meloidogyne incognita* and *M. hapla* larvae // Journal of nematology. 1978. Vol. 10(2). P. 166–171.
27. Wani A.H., Yaqub Bhat M. Control of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* by urea coated with Nimin or other natural oils on mung, *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek // Journal of Biopesticides. 2012. Vol. 5. P. 255–258.
28. Zinovieva S.V., Ozeretskovskaya O.L., Iliinskaya L.I., et al. Biogenic Elicitor (Arachidonic Acid) Induced Resistance in Tomato to *Meloidogyne incognita* // Russian Journal of Nematology. 1995. Vol. 3(1). P. 65–67.

Поступила в редакцию: 25.05.2022

UDC 632.651:632.937

EXPERIENCE IN USING BIOLOGICAL METHODS TO CONTROL THE NUMBER OF ROOT-KNOT NEMATODES *MELOIDOGYNE* SPP. (TYLENCHIDA: MELOIDOGYNIEDAE) IN THE GREENHOUSES OF THE BOTANICAL GARDEN OF PETER THE GREAT

E.A. Varfolomeeva

V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Science

The effect of biological preparations on the development of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in flower and ornamental plants was investigated in the greenhouse complex of the Botanical Garden of Peter the Great in 2015–2020. A nematicidal effect was noted after soil treatment with crushed aboveground organs of *Brassica oleracea* L., *Nerium oleander* L., *Sinapis alba* L., *Tagetes* sp. A decrease in the intensity of root system damage and disease spread was noted with prolonged use of solutions of neem oil, *Dioscorea* powder, chitosan lactate. The use of biological substances is recommended as a preventive method for controlling of root-knot nematodes in greenhouse conditions.

Key words: *Meloidogyne*, control, biological method, neem oil, chitosan lactate, *Dioscorea*

Citation: Varfolomeeva E.A. Experience in using biological methods to control the number of root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. (Tylenchida: Meloidogyniedae) in the greenhouses of the Botanical Garden of Peter the Great // Industrial Botany. 2022. Vol. 22, N 2. P. 40–48. DOI: 10.5281/zenodo.7394500