

## ВЛИЯНИЕ ВНЕКОРНЕВОЙ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ ТОМАТОВ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ НА ЗАРАЖЕНИЕ ГАЛЛОВОЙ НЕМАТОДОЙ

Удалова Ж. В.<sup>1,2</sup>,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник  
лаборатории фитопаразитологии,  
udalova.zh@rambler.ru

Зиновьева С. В.<sup>1</sup>,

доктор биологических наук, главный научный сотрудник  
лаборатории фитопаразитологии

### Аннотация

Селен (Se), кремний (Si) и никель (Ni) – необходимые микроэлементы растений. Их дефицит может оказывать существенное влияние на рост и развитие растений, и на заражение нематодой. Проведено исследование возможности регулирования взаимодействия растений с галловой нематодой с помощью экзогенных внекорневых обработок растворами наноразмерных Se, Si и Ni. Восприимчивые растения томатов обрабатывали в фазе семян и опрыскиванием вегетирующих растений водными растворами наноразмерными микроэлементами (Se – 0,6; Ni – 0,1; Si – 2 мг/л). Исследовано влияние обработок на зараженность томатов галловой нематодой *Meloidogyne incognita*, а также на развитие растений и количественный и качественный состав фотосинтетических пигментов, как наиболее чувствительного показателя патологического состояния растений. Показано снижение зараженности томатов нематодой в ряду Se<Si<Ni. В обработанных растениях преобладали личинки. Наблюдалось увеличение всего пула фотосинтетических пигментов или отдельных пигментов при обработке наноразмерными микроэлементами. Наибольший эффект в отношении зараженности корневой системы, развития нематод и содержания фотосинтетических пигментов был получен при обработке растений наноразмерным никелем. Очевидно, что данные элементы обладают

<sup>1</sup> Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН (119071, Москва, Ленинский пр., д. 33)

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт фундаментальной и прикладной паразитологии животных и растений – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук» (117218, г. Москва, ул. Б. Черемушкинская, д. 28)

индивидуальным метаболическим действием на ткани растений, но очевидно, что они благотворным образом воздействуют на растения томата, что позволяет рассматривать их в качестве индукторов, повышающих устойчивость к галловой нематодe.

**Ключевые слова:** *Meloidogyne incognita*, томат, наноразмерные селен, кремний и никель, индукторы устойчивости.

## INFLUENCE OF FOLIAR TREATMENTS OF TOMATO PLANTS WITH MICROELEMENTS ON ROOT-KNOT NEMATODE INFESTATION

Udalova Zh. V.<sup>1,2</sup>,

Senior Researcher, Candidate of Biological Sciences,  
Laboratory of Phytoparasitology,  
udalova.zh@rambler.ru

Zinovieva S. V.<sup>1</sup>,

Chief Researcher, Doctor of Biological Sciences,  
Laboratory of Phytoparasitology

### Abstract

Selenium (Se), silicon (Si) and nickel (Ni) are essential microelements in plants. Their deficiency can have a significant impact on the growth and development of plants, and on nematode infestation. The study of the possibility of regulating the interaction of plants with root-knot nematode by means of exogenous foliar treatments with solutions of nanosized Se, Si and Ni has been conducted. Susceptible tomato plants were treated in the seed phase and the growing plants were sprayed with aqueous solutions of nanosized microelements (Se – 0.6; Ni – 0.1; Si – 2 mg/l). The influence of treatments on the infestation of tomatoes by the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*, as well as on the development of plants and the quantitative and qualitative composition of photosynthetic pigments, as the most sensitive indicator of the pathological state of plants, was studied. A decrease in the infestation of tomatoes with a nematode in the Se<Si<Ni series is shown. The treated plants were dominated by larvae. An increase in the entire pool of photosynthetic pigments or individual pigments was observed when treated with nanosized micro-

---

<sup>1</sup> A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences (33, Leninskiy prospect, Moscow, 119071, Russia).

<sup>2</sup> All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant – a branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre VIEV" (28, Bolshaya Cheremushkinskaya st., Moscow, 117218, Russia)

elements. The greatest effect on the infestation of the root system, the development of nematodes and the content of photosynthetic pigments was obtained when plants were treated with nanosized nickel. It is obvious that these elements have an individual metabolic effect on plant tissues, but it is obvious that they have a beneficial effect on tomato plants, which allows us to consider them as inductors that increase resistance to root-knot nematode.

**Keywords:** *Meloidogyne incognita*, tomato, nanosized selenium, silicon and nickel, resistance inductors.

**Введение.** Галловые нематоды являются широко распространенными и наиболее патогенными видами фитонематод, паразитирующие на широком круге растений-хозяев. Они вызывают нарушение корневой системы из-за неопластического пищевого поведения, препятствуя усвоению питательных веществ и оказывая каскадное действие на физиологию и метаболизм растения, что приводит к значительным потерям урожайности большинства сельскохозяйственных культур. Комплексная стратегия борьбы с нематодами, основанная на севообороте, применении устойчивых сортов, биологических, химических агентов и других мер по ограничению и контролю, представляется наиболее эффективной. В комплекс таких мер можно отнести минеральное питание, поскольку оно является одним из факторов, с помощью которого можно регулировать взаимодействие растений и паразитических нематод. Селен, кремний и никель – необходимые микроэлементы томатов. Дефицит этих элементов серьезным образом сказывается на росте и развитии растений, а также может повлиять на заражение некоторых растений нематодой [1, 2, 3]. Зараженные галловой нематодой растения испытывают значительные нарушения в нормальном поступлении не только макро-, но и микроэлементов. В задачу исследования входила возможность регулирования взаимодействия растений с галловой нематодой с помощью экзогенных внекорневых обработок рядом микроэлементов (растворами наноразмерных селена, кремния и никеля). В работе исследовано влияние этих элементов на зараженность обработанных томатов галловой нематодой, а также на развитие растений и количественный, и качественный состав фотосинтетических пигментов, как наиболее чувствительного показателя патологического состояния растений.

**Материалы и методы.** Исследования проводили на системе: томаты восприимчивого гибрида Гамаюн – галловая нематода *Meloidogyne incognita* (Kofoid et White, 1919) Chitwood, 1949, раса 1. Использовали водные коллоидные растворы наноразмерных кремния, селена и

никеля, полученные методом лазерной абляции. Концентрации препаратов: селен – 0,6 мг/л; никель – 0,1 мг/л; кремний – 2 мг/л. Семена томатов перед высадкой в грунт замачивали в 2 мл препаратов в течение 2 часов. Через 3 недели после прорастания часть растений инвазировали нематодой (1000 личинок на растение) и опрыскивали растворами препарата в тех же концентрациях, которыми обрабатывали, из расчета 10 мл/растение. Контрольные семена и растения обрабатывали водой. Опыты проводили в 10-кратной повторности. Растительные пробы для анализов отбирали на 14-е сутки после инвазии и обработки растений препаратом. Состояние растений и нематод анализировали через 25 сут. после инвазии. Основными критериями устойчивости растений является степень поражения корней, которая оценивалась по количеству галлов на единицу корня, а также морфофизиологические параметры нематод (наличие половозрелых самок и их размеры), а также состояние инвазированных растений во время вегетации. Содержание хлорофиллов и каротиноидов оценивали по спектрам поглощения этанольных экстрактов листьев.

**Результаты исследований.** Заражение растений томатов нематодой вызывает угнетение роста и развития растений (табл. 1). Внекорневая обработка снижала негативное воздействие нематод, что положительно отразилось на росте высокорослого гибрида и на весе надземных органов, особенно это было заметно при обработке нано никелем. Число галлов на корнях снижалось в ряду контроль >Se>Ni>Si, а их размер: контроль >Si>Ni>Se. Необходимо отметить, что во всех вариантах обработки в основном преобладали личинки, в то время как в контроле личинки за время эксперимента развились в половозрелых самок, и соответственно размеры нематод были существенно ниже в обработанных микроэлементами растениях.

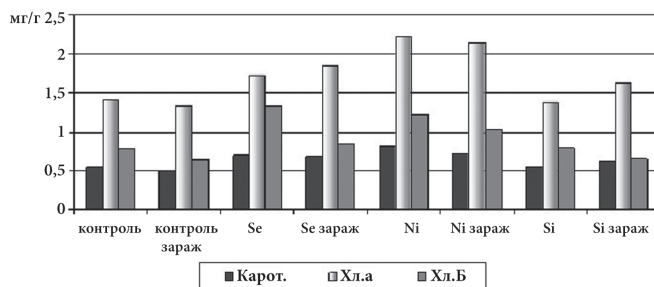
Хлороз, задержка развития и плохой рост – это надземные проявления мелойдогиноза. Нематоды оказывают патологическое влияние на физиологические процессы в растениях: в корнях на поступление воды и питательных веществ, образование фитогормонов; в надземных органах на синтез хлорофилла, фотосинтез и дыхание, что приводит к снижению продуктивности растений и отставанию в росте и развитии. Очевидно, что снижение нематодной нагрузки на растения не могло не сказаться на фотосинтетической активности томатов, обработанных микроэлементами. И это было визуально заметно по интенсивности окрашивания листовых пластин, особенно в варианте с наноразмерным никелем.

Таблица 1

## Влияние микроэлементов на развитие томатов и галловой нематоды

Вариант	Длина стебля, см	Вес стебля, г	Вес корня	Число галлов/г корня	Размер галла, мм <sup>2</sup>	Размер самки, мм <sup>2</sup>	Преобладающие стадии нематод
Контроль здоровый	41,2	11,40	1,23	-	-	-	-
Контроль зараженный	33,6	9,54	1,40	225	7,55	0,159	самки
Se+ заражение	35,4	10,63	1,42	190	3,07	0,085	личинки + самки
Ni+ заражение	38,7	11,31	1,25	157	3,15	0,042	личинки
Si+ заражение	38,8	8,92	1,26	150	3,85	0,063	личинки + самки

При анализе содержания пигментов в тканях здоровых растений (рис. 1) обработка никелем вызывала существенное увеличение всех исследованных пигментов, и эта тенденция сохранялась при заражении нематодой, содержание фотосинтетических пигментов превосходило даже здоровый контроль. Благоприятное влияние на фотосинтетический аппарат оказывали селен и в несколько меньшей степени кремний. Необходимо отметить, что в надземных органах при обработке растений наноселеном и наноникелем наблюдалось существенное увеличение содержания магния, входящего в состав *Хл.а* и *Хл.Б* и влияющего на каротиноиды (не опубл.).



**Рис. 1.** Содержание хлоропластных пигментов в листьях, обработанных микроэлементами, томатов при заражении *M. incognita*

**Заключение.** Таким образом, в нашем эксперименте показано, что обработка растений наноразмерными селеном, кремнием и никелем позволяет активизировать ростовые процессы растений томата, снижает зараженность томатов галловой нематодой и подавляет развитие патогена. Внекорневая обработка растений оказывает влияние на увеличение содержания фотосинтетических пигментов, что может указывать на улучшение физиологического состояния растения и позволяет рассматривать водные растворы исследованных наноразмерных микроэлементов в качестве индукторов, включающих защитные механизмы растений, ограничивающих развитие паразита.

### Литература

1. Nyczepir A.P., Wood B.W., Reilly C.C. Association of *Meloidogyne partityla* with nickel deficiency and mouse-ear of pecan. *HortScience*. 2006. 41. 402-404.
2. Frew A., Weston L.A., Reynolds O.L., Gurr G.M. The role of silicon in plant biology: a paradigm shift in research approach. *Ann. Bot.* 2018. V. 121. № 7. P. 1265-1273.
3. Samaliev H., Udalova Zh., Pelgunova L., Baycheva O., Khasanov F., Krisanov E., Trayanov K., Zinovieva S. Selenium – Nanoparticles as a Possible Method for Control to *Meloidogyne* (Goeldi, 1887) Harry. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*. 2020. 23(6). 255-265

### References

1. Nyczepir A.P., Wood B.W., Reilly C.C. Association of *Meloidogyne partityla* with nickel deficiency and mouse-ear of pecan. *HortScience*. 2006; 41: 402-404.
2. Frew A., Weston L.A., Reynolds O.L., Gurr G.M. The role of silicon in plant biology: a paradigm shift in research approach. *Ann. Bot.* 2018; 121(7): 1265-1273.
3. Samaliev H., Udalova Zh., Pelgunova L., Baycheva O., Khasanov F., Krisanov E., Trayanov K., Zinovieva S. Selenium – Nanoparticles as a Possible Method for Control to *Meloidogyne* (Goeldi, 1887) Harry. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*. 2020; 23(6): 255-265.