

Научная статья

УДК 635.655:632.651(571.61)

EDN VFAIRC

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-17-30>

Новые данные по распространению и вредоносности соевой цистообразующей нематоды (*Heterodera glycines*) в Амурской области

Александр Александрович Кузьмин¹, Николай Станиславович Анисимов²^{1,2} Всероссийский научно-исследовательский институт сои

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ kaa@yandex.ru, ² havamall@mail.ru

Аннотация. В течение 2019–2023 гг. проведены исследования устойчивости растений сои к соевой цистообразующей нематоды (*Heterodera glycines*). Осуществлен ряд опытов с помощью метода вегетационных сосудов. При сравнении реакции сортов селекции Всероссийского научно-исследовательского института сои на заражение соевой цистообразующей нематодой установлено, что наиболее устойчивыми являются сорта Сентябринка и Евгения. При заражении растений сои сорта Сентябринка от одного до трех раз в течение вегетационного периода отмечено, что многократное заражение, которое случается на полях при условии смыывания вредителя потоками дождевой воды с возвышений в бессточные понижения, приводит к большей концентрации *Heterodera glycines* и наибольшим потерям урожая. Исследование реакции сорта Сентябринка на однократное заражение в разные фазы вегетационного периода показало, что заражение при посеве является более вредоносным, чем в фазы цветения и бобообразования. Также проведено сравнение реакции сорта Сентябринка на заражение соевой цистообразующей нематодой из разных популяций. Применялись цисты *Heterodera glycines* из Амурской области и Приморского края. Опыт показал большую вредоносность соевой цистообразующей нематоды из приморской популяции. При изучении влияния типа почвы на степень устойчивости сои к заражению соевой нематодой использовали луговая черноземовидная и бурая лесная почвы Амурской области. Выяснено, что при посеве сои в менее плодородную бурую лесную почву воздействие вредителя является более вредоносным; разница в урожайности при посеве в однократно инфицированную и в свободную от вредителя луговую черноземовидную почву оказалась незначительной.

Ключевые слова: *Heterodera glycines*, соя, вредитель, заражение, реакция, сорт, распространение, Амурская область

Для цитирования: Кузьмин А. А., Анисимов Н. С. Новые данные по распространению и вредоносности соевой цистообразующей нематоды (*Heterodera glycines*) в Амурской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 3. С. 17–30. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-17-30>.

Original article

New data on distribution and harmfulness of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) in Amur region

Alexander A. Kuzmin¹, Nikolay S. Anisimov²^{1,2} All-Russian Research Institute of Soybean

Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

¹ kaa@yandex.ru, ² havamall@mail.ru

Abstract. During 2019–2023, studies on the resistance of soybean plants to soy cyst-forming nematode (*Heterodera glycines*) were conducted. Several experiments were carried out using the vegetative pots method. When comparing the reaction of All-Russian Research Institute of Soybean breeding cultivars to infection with soybean cyst nematode, it was found that the most resistant cultivars were Sentyabrinka and Evgeniya. When soybean plants of Sentyabrinka cultivar were infected from one to three times during the growing season, it was noted that repeated infection, which occurred in the same way in the fields, provided that the pest was washed away by rainwater from elevations into drainless relief depressions, led to a higher concentration of *Heterodera glycines* and the greatest yield losses. A study of the reaction of Sentyabrinka cultivar to a once infection in different stages of the growing season showed that infection during sowing was more harmful than during the flowering and pod formation phases. The reaction of Sentyabrinka cultivar to infection with soybean cyst nematode from different populations was also compared. *Heterodera glycines* cysts from Amur region and Primorsky krai were used. The experiment showed that the harmfulness of the soybean cyst nematode from Primorsky krai was greater. When studying the influence of soil type on the degree of soybean resistance to soybean nematode infection, meadow chernozem-like and brown forest soils of Amur region were used. It was found that when soybeans were sown in less fertile brown forest soil, the impact of the pest was more harmful; the difference in yield when sown in once infected soil and when sown in pest-free meadow chernozem-like soil turned out to be insignificant.

Keywords: *Heterodera glycines*, soybean, pest, infection, reaction, cultivar, distribution, Amur region

For citation: Kuzmin A. A., Anisimov N. S. New data on distribution and harmfulness of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) in Amur region. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;3:17–30. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-17-30>.

Введение. Первые сведения о соевой цистообразующей нематоды в Амурской области (*Heterodera glycines*) приводятся в диссертации П. П. Прохорова «Нематоды сои Верхнего Приамурья» [1]. Через 4 года Л. Е. Глотовой в учебном пособии «Нематоды сои и зерновых культур Приамурья» уже приводятся морфология вредителя и первые сведения о его вредоносности [2, С. 32–37]. Работа снабжена большим количеством иллюстраций и сохраняет научную ценность в настоящее время. Этим же автором в 1982 г. были опубликованы «Методические указания по диагностике и учету соевой цистообразующей нематоды», где указывается на сложности определения вида, в частности, на сходство с клеверной нематодой: «По строению самок, цист, яиц, вульварной пластинки соевая нематода практически не отличается от клеверной» [3, С. 6]. В настоящее время учебное пособие [2] остается одним из ключевых при морфологическом определении вида.

В последующие годы проводились опыты по выявлению устойчивых к вредителю сортов сои. Результатом стала коллективная работа «Изучение устойчи-

вости сои к цистообразующей нематоды», которая в настоящее время значительно потеряла актуальность, поскольку изученные сорта давно выведены из оборота [4]. Тем не менее, генетические линии сортов, отмеченных в данной работе, как устойчивые, могут реализовываться в современных сортах и представлять интерес для новых опытов. Другое направление представляют исследования самой нематоды, в частности различий между отдельными популяциями вредителя [5, С. 24–29]. Данная публикация поднимает весьма актуальную тему разницы вредоносности и трофических предпочтений вредителя из разных популяций, но охватывает очень большие территории и по сути является обзорной.

Обобщение всего известного материала по соевой цистообразующей нематоды было сделано в лекции Н. Н. Кравцовой, опубликованной в 1990 г. [6, С. 12–21]. Результатом оценки сортообразцов сои из мировой коллекции ВИР стали рекомендации «Исходный материал для селекции сои на устойчивость к соевой цистообразующей нематоды» [7]. В настоящее время опубликованные в них сведения потеряли

актуальность, поскольку выводы авторов критически противоречат современной тенденции к импортозамещению.

Более свежие исследования сортов и сортообразцов из Амурской области и КНР выявили относительную устойчивость к соевой цистообразующей нематоде сортообразцов амурской селекции, тогда как китайские сорта были охарактеризованы как сильновосприимчивые [8]. Во всех литературных источниках отмечена высокая, близкая к критической плотность вредителя на территории Амурской области, а также существенная (до 30 %) убыль урожая.

Целью настоящей работы стала проверка как плотности и распространённости вредителя на территории Амурской области, так и степени его угнетающего воздействия на сорта местной селекции.

Методика исследований. Поисковые работы с целью определения локализации популяций соевой цистообразующей нематоды (*Heterodera glycines*) и получения образцов зараженной почвы проводились в течение 2019–2023 гг. на территории 17 соесеющих районов Амурской области: Зейского, Магдагачинского, Шимановского, Свободненского, Мазановского, Ромненского, Серышевского, Белогорского, Ивановского, Благовещенского, Тамбовского, Октябрьского, Константиновского, Михайловского, Завитинского, Бурейского, Архаринского.

Поиск очагов заражения в посевах, отбор растений с пораженной корневой системой и образцов инфицированной почвы проводился при помощи маршрутного метода [2, 3, 9]. В процессе поисков исследовались корни как культурной, так и дикой сои. Получение из корней сои живых экземпляров цистообразующих нематод, а также их диагностика проведены согласно работам Л. Е. Гловой [2, 3].

При проведении опытов по изучению реакции сортов селекции Всероссийского научно-исследовательского института сои на заражение соевой цистообразующей нематодой использовался вегетационный метод [10]. Вегетационные сосуды выравнивались по массе сосуда и дренажа, после чего заполнялись почвой до массы, равной 8 500 г, при влажности почвы, составляющей 70 %. Вносимая в сосуды за-

раженная почва с инвазивной нагрузкой не менее одной цисты на 20 г почвы взята из очагов заражения в Амурской области и Приморском крае. Во всех опытах контрольный вариант не заражался.

Для обработки векторных изображений и адаптации их для публикации применялись программы CorelDraw 9.0 и Gimp. Фотографии выполнены с помощью камеры Canon EOS 5dII с объективом Волна-9 50/2,8.

Результаты исследований и их обсуждение. По результатам детального изучения корневых остатков растений сои и почвенных образцов из 36 пунктов с территории Амурской области цисты соевой цистообразующей нематоды были обнаружены в окрестностях сел Васильевка Белогорского района, Грибское Благовещенского района, Раздольное Тамбовского района и Грибовка Архаринского района (рис. 1). На корнях культурной сои *Heterodera glycines* обнаружена только в Тамбовском районе. В Благовещенском, Белогорском и Архаринском районах соевая цистообразующая нематода обнаружена на корнях дикой сои.

Признан полностью непригодным для поиска вредителя визуальный метод. Попытки поиска соевой цистообразующей нематоды на участках поля, визуально сходных с очагами заражения вредителем в Бразилии [11] и США [12], а именно группы внешне угнетенных, с признаками карликовости, хлоротичных растений, не принесли результатов. В 100 % случаев перечисленные симптомы указывали на высохшие вымочки либо на участки с погибающими от перегрева и недостатка влаги растениями.

При поступлении из соесеющих хозяйств сообщений о присутствии на полях соевой цистообразующей нематоды всегда выяснялось, что за вредителя принимались: оотеки дождевых червей, крупные (до 15–20 мм) нематоды-сапрофиты, личинки двукрылых, личинки жесткокрылых с выраженными головной капсулой и конечностями, мелкие гусеницы чешукрылых (*Plutella xylostella*), плесневые грибы. При использовании метода отмывания цист из почвы было получено большое количество образцов, визуально схожих с цистами соевой цистообразующей нематоды, однако попытка использовать

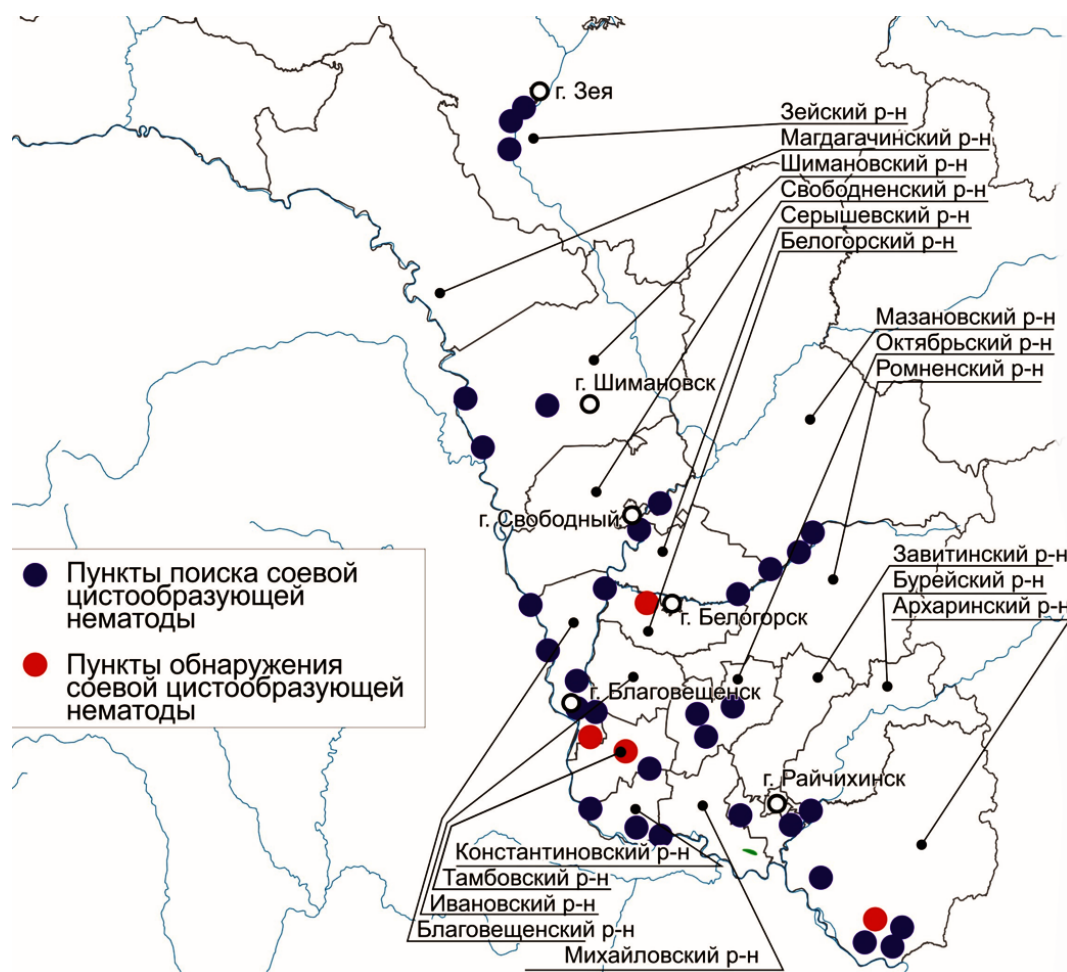


Рисунок 1 – Карта распространения соевой цистообразующей нематоды (*Heterodera glycines*) в Амурской области

Figure 1 – Map of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) distribution in Amur region

данный материал в вегетационном опыте не дала результата, нематоды не заселяли корневую систему опытных растений.

Это дает некоторое представление о причинах несоответствия многочисленных сообщений о широком распространении *Heterodera glycines* в Амурской области и сложностей в целенаправленном поиске данного вредителя.

В почве в свободном состоянии соевая цистообразующая нематода находится либо на стадии инвазивной личинки II возраста, которая в длину не превышает 0,5 мм, либо в виде короткоживущих половозрелых самцов [2, 3]. Определение вышедших из цист личинок по морфологическим признакам возможно при микроскопировании препаратов, что подразумевает фиксацию личинок и не-

возможность последующего использования их для заражения растений сои в вегетационном опыте. Определить вредителя до вида иными способами невозможно, поскольку на всех стадиях развития соевая нематода имеет слабые отличия от свекловичной (*Heterodera schachtii*) и клеверной (*Heterodera trifolii*). Единственным достоверным способом определения вредителя в данном исследовании считалось нахождение самок или цист непосредственно на корнях растений сои.

Полученные образцы были использованы для проведения ряда опытов по изучению реакции растений сои на заражение гетеродерозом.

В опыте по определению устойчивости растений сои к соевой цистообразующей нематоде использованы сорта:

1. Соната (♀Терезинская 2 × ♂Амурская 310).
2. Октябрь-70 (♀МК 1 × ♂ВНИИС 2).
3. Евгения (♀Соната × ♂Хэйхэ 11).
4. Куханна (♀Соната γ10кр × ♂Лидия).
5. Сентябринка (♀Амурская 2055 × ♂Хэйхэ 2043).

Для опыта отбирались сорта, ранее отмеченные как устойчивые к соевой цистообразующей нематоды (Соната и Октябрь-70), а также новые сорта, созданные при использовании устойчивых родительских форм местной и зарубежной селекции. Всего в вегетационном опыте высевалось по 7 семян сои каждого сорта в 3 вегетационных сосуда, два из которых заражались соевой цистообразующей нематодой при посеве, а один оставался контрольным. Закладка опыта и посев проводились 29 мая.

Учеты состояния клубеньков сои осуществлялась трижды: при первом прорезывании с 7 до 5 растений в сосуде 22 июня (фаза 2-го тройчатого листа), а также при прорезывании с 5 до 3 растений в сосуде 18 июля (фаза бобообразования). Основной финальный учет проведен 27 сентября. Таким образом, во время каждого из двух промежуточных учетов в наличии имелось по 4 корня из сосудов, зараженных соевой цистообразующей нематодой, и 2 корня из контрольного

вегетационного сосуда; а во время финального учета – 6 корней из зараженных вегетационных сосудов и 3 корня из контрольного сосуда с чистой почвой.

Во время первого промежуточного учета все сорта в различной степени были поражены вредителем (табл. 1). Во время второго учета активные нематоды были обнаружены на корнях сортов Соната, Октябрь-70 и Куханна. При последнем (основном) учете две взрослые самки обнаружены на корнях сорта Октябрь-70, который показал наименьшую устойчивость к вредителю из всех изученных сортов. Тем не менее, при финальном учете состояния корневой системы, у сорта Октябрь-70 треть растений (2 из 6) была свободна от нематод, а численность активных вредителей в почве снизилась на 73 % по сравнению с первым учетом, что говорит о хорошей устойчивости сорта. В целом наибольшую устойчивость к нематоды проявили сорта Сентябринка и Евгения.

Согласно литературным данным, соевая цистообразующая нематода во время сильных ливней смыывается дождевой водой с полей, расположенных на возвышенностях и склонах, перемещаясь в бессточные понижения. При этом вредитель хорошо переносит переувлажнение, вплоть до полного затопления [13]. Таким образом, в понижениях полей угнетающее воздействие на растения сои оказывает не

Таблица 1 – Количество нематод на корнях сои разных сортов при основном и промежуточных отборах растений

Table 1 – The number of nematodes on the roots of soybean plants of different cultivars in the main and intermediate checks

В штуках (in pieces)

Сорта	Количество нематод в учетах																		
	учет I (22.06)							учет II (18.07)							учет III (27.09)				
Соната	факт.	33	26	19	14	—	—	9	11	10	7	—	—	0	0	0	0	0	0
	сред.	23,0						9,3						0					
Октябрь-70	факт.	46	37	23	51	—	—	16	11	14	18	—	—	1	2	0	4	3	0
	сред.	39,2						14,8						1,7					
Куханна	факт.	27	14	21	16	—	—	6	3	0	2	—	—	0	0	0	0	0	0
	сред.	15,5						2,8						0					
Сентябринка	факт.	9	12	17	4	—	—	0	0	0	0	—	—	0	0	0	0	0	0
	сред.	10,5						0						0					
Евгения	факт.	23	17	9	1	—	—	0	0	0	0	—	—	0	0	0	0	0	0
	сред.	12,5						0						0					

только переувлажнение почвы, но и повышенная концентрация соевой цистообразующей нематоды, поскольку создаются условия для многократного заражения в течение одного вегетационного периода.

Для проверки реакции растений сои сорта Сентябринка, показавшего максимальную устойчивость к вредителю, на множественные заражения, проведен следующий опыт.

Высевалось по 9 семян в 12 вегетационных сосудов с послевсходовым прореживанием до 3 растений. При этом вариант I (сосуды 4–6) заражался единожды при посеве; вариант II (сосуды 7–9) заражался дважды: при посеве и в фазу первого тройчатого листа; вариант III (сосуды 10–12) заражался трижды: при посеве, в фазу первого тройчатого листа и в фазу цветения. Сосуды 1–3 выступали контрольным вариантом. Проверка состояния корневой системы растений сои осуществлялась при завершении опыта.

Признаки отставания в росте зараженных нематодой растений сои проявились в фазу первого тройчатого листа. Листья пораженных растений развернулись на два дня позже и имели длину листочков в среднем на 5–6 мм короче.

Вариант I к фазе цветения оправился от вредителя и почти догнал контрольные растения в росте, однако к фазе налива бобов рост растений полностью остановился. К моменту завершения опыта живые нематоды и цисты на корнях растений обнаружены не были. Снижение количества бобов не превысило 2 %, а снижение массы полученных семян – 4 % (табл. 2).

Вариант II после повторного заражения полностью сбросил листья, рас-

тения стали отставать в росте. Цветение наступило с отставанием от контроля на 12 дней. Отмечено снижение семенной продуктивности более чем на 35 %. К моменту завершения опыта растения не успели закончить вегетацию. На корнях растений обнаружена одна циста соевой цистообразующей нематоды.

В варианте III растения вошли в фазу цветения с отставанием от контроля на 19 дней и имели явные признаки угнетения и карликовости, к моменту завершения опыта они продолжали вегетацию. Снижение семенной продуктивности превысило 70 %. На корнях растений в момент завершения опыта обнаружено 28 цист соевой цистообразующей нематоды (рис. 2).

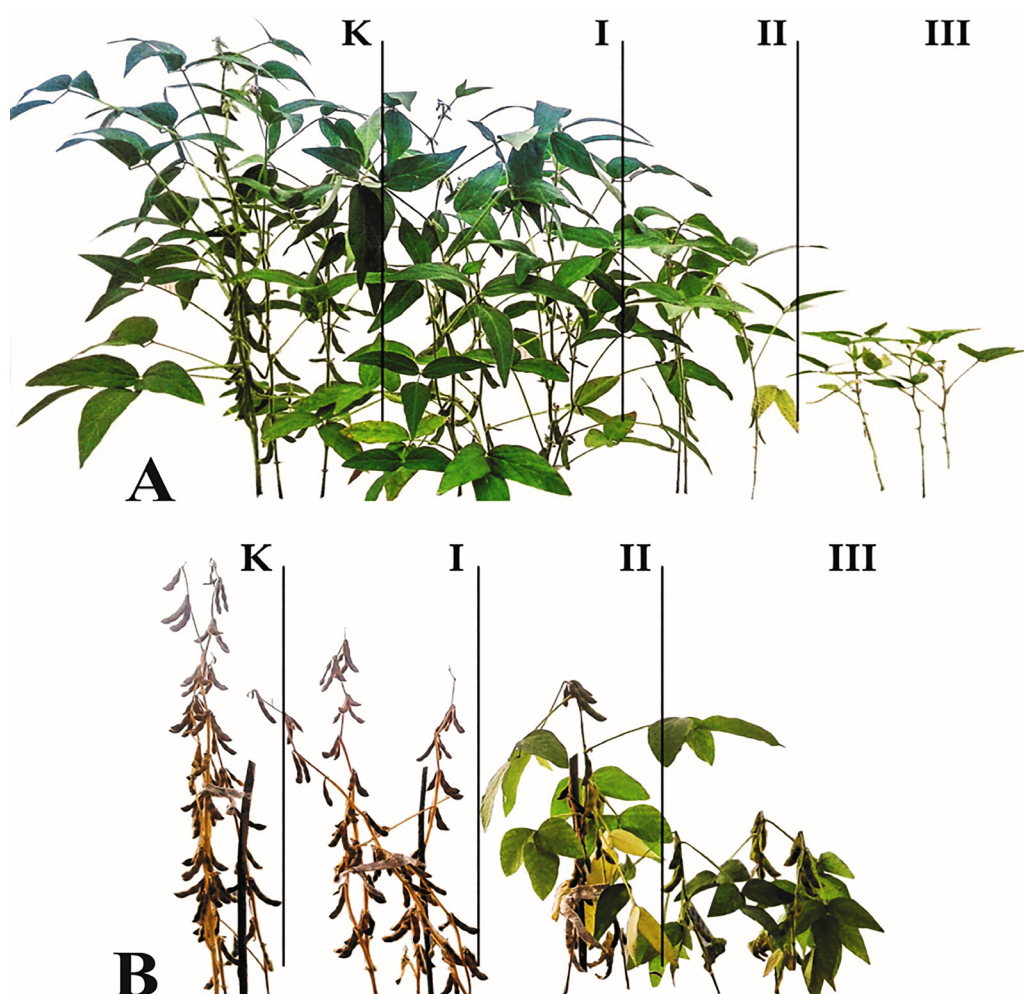
Таким образом, установлено, что при многократном заражении устойчивый сорт сои не успевает оправляться после отторжения вредителя, что приводит к серьезным потерям в урожайности.

Заражение растений сои в результате перемещения соевой цистообразующей нематоды с потоками воды во время дождя возможно в любую фазу развития растений. Для проверки реакции сорта Сентябринка на однократное заражение соевой цистообразующей нематодой в разные фазы вегетации было проведено сравнение в условиях вегетационного опыта. Семена сои высевались также, как и в предыдущем опыте – в 12 сосудов с послевсходовым прореживанием. Сосуды 1–3 – контроль, без заражения. Вариант I (сосуды 4–6) – добавление почвы с частями корневой системы растений сои, инфицированной соевой цистообразующей нематодой, непосредственно перед

Таблица 2 – Реакция сорта Сентябринка на множественные заражения соевой цистообразующей нематодой

Table 2 – Reaction of Sentyabrinka cultivar to multiple infections of soybean cyst nematode

Вариант	Снижение семенной продуктивности по сравнению с контролем, %			Масса семян в пересчете на 1 000 шт., г
	количество бобов	количество семян	масса семян	
Контроль	0	0	0	165,6
Вариант I	2,0	1,7	3,6	162,4
Вариант II	32,5	36,0	32,8	173,9
Вариант III	72,9	75,7	72,3	188,2



А – 24 июля, В – 7 сентября;
К – контроль, I – одно заражение, II – два заражения, III – три заражения

A – July 24, B – September 7;
K – control, I – one infection, II – two infections, III – three infections

Рисунок 2 – Реакция сорта Сентябринка на множественные заражения соевой цистообразующей нематодой
Figure 2 – Reaction of Sentyabrinka cultivar to multiple infections of soybean cyst nematode

высеванием. Вариант II (сосуды 7–9) – добавление зараженной почвы в фазу начала цветения. Вариант III (сосуды 10–12) – добавление зараженной почвы в фазу бобообразования.

По достижении растениями сои фазы полной зрелости, бобы были собраны, после чего подсчитано количество бобов и семян, а также масса последних (табл. 3).

Однократное заражение нематодой непосредственно перед посевом привело к отставанию цветения и снижению урожайности. Отмечено не выходящее за рамки погрешности уменьшение общего количе-

ства бобов, уменьшение количества многосемянных бобов, а также уменьшение массы семян.

Заражение нематодой непосредственно перед посевом более чем в три раза превзошло по вредоносности заражение в фазу цветения и бобообразования и вызвало слабое, но заметное уменьшение роста растений и отставание в прохождении фенологических фаз. Поражение корневой системы вредителем наблюдалось при прореживании 16 июня, но при завершении опыта нематоды на корнях сои отсутствовали.

Таблица 3 – Влияние соевой цистообразующей нематоды на продуктивность растений сои сорта Сентябринка при однократном заражении в разные фазы вегетации

Table 3 – The influence of soybean cyst nematode on the productivity of soybean plants of Sentyabrinka cultivar during a once infection in different phases of the growing season

Вариант	Снижение семенной продуктивности по сравнению с контролем, %			Масса семян в пересчете на 1 000 шт., г
	количество бобов	количество семян	масса семян	
Контроль	0	0	0	169,8
Заражение при посеве	1,2	1,2	1,4	163,4
Заражение в фазу цветения	0,4	–0,1	–0,1	166,9
Заражение в фазу бобообразования	0,4	0,4	0,4	168,9

Воздействие вредителя в фазу цветения замедлило дальнейший рост растений, в связи с чем они по завершении опыта отставали от контроля и третьего варианта. Растения сои приступили к интенсивному цветению и бобообразованию с отставанием в 3–5 дней от контроля. Отмечено, что заражение соевой цистообразующей нематодой в фазу начала цветения имело слабый стимулирующий эффект на растения сои, при котором незначительное отставание в росте компенсировалось более плотным расположением бобов и большим числом семян.

Заражение в фазу бобообразования не оказало заметного влияния на состояние и рост растений. Количество бобов и семян, а также их масса соответствовали контролю (рис. 3).

Относительная редкость обнаружения вредителя на территории Амурской области не согласуется с его фактическим широким распространением и массовым размножением в Приморском крае и на юге Хабаровского края. Нами было выдвинуто предположение, что природа фактора, лимитирующего размножение вредителя на территории Амурской области, заключается во влиянии погодноклиматических условий, в частности длительном регулярном прогреве почвы.

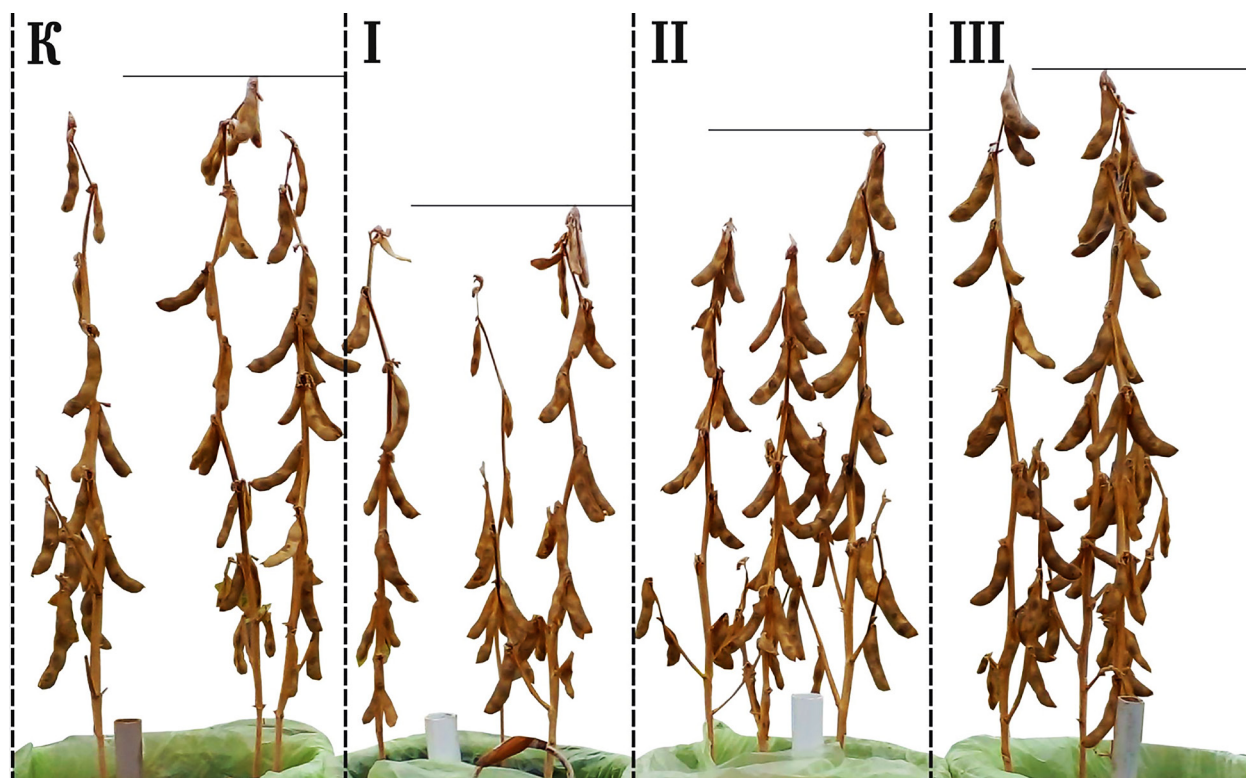
В литературе указывается, что нематода плохо переносит прогрев [14] и эти сведения подтверждаются неудачными вегетационными опытами, когда нематода погибала при прогреве почвы в вегетационных сосудах на температуру, превышающую или равную 28 °С, более чем

на пять дней. В Приморском крае грунт летом прогревается, а зимой промерзает слабее, чем в Амурской области, и эти различия могут быть причиной разницы в плотности и вредоносности вредителя.

Для проверки указанного предположения нами было проведено сравнение вредоносности нематоды из популяции Амурской области и нематоды из популяции Приморского края в идентичных температурных условиях вегетационного опыта. В опыте применялись цисты соевой нематоды из Тамбовского района Амурской области (с. Раздольное) и цисты из Кавалеровского района Приморского края (пос. Кавалерово). В сосуды варианта I добавлялось 200 г почвы, содержащей цисты из популяции Амурской области. В сосуды варианта II добавлялось соответствующее количество зараженной почвы из Приморского края. По достижении растениями сои фазы полной зрелости было подсчитано количество бобов, а также количество и масса семян (табл. 4).

В сравнении с контролем, однократное заражение нематодой из Амурской области привело к отставанию цветения на 2 дня и снижению урожайности примерно на 1,5 %. Заражение нематодой из Приморского края вызвало отставание на 3–5 дней, при этом уменьшение роста растений и снижение урожайности приблизительно составило 3 %.

Соевая цистообразующая нематода из популяции Приморского края оказала воздействие на растения сои вдвое большее, чем нематода из популяции Амурской области. Однако в обоих случаях



К – контроль, I – заражение при посеве, II – заражение в фазу цветения,
III – заражение в фазу бобообразования
K – control, I – infection during sowing, II – infection during flowering stage,
III – infection during pod formation stage

Рисунок 3 – Реакция сорта Сентябринка на однократное заражение соевой цистообразующей нематодой в разные фенологические фазы
Figure 3 – Reaction of Sentyabrinka cultivar to a once infection of soybean cyst nematode in different stages of growth

Таблица 4 – Влияние соевой цистообразующей нематоды из разных популяций на продуктивность растений сои сорта Сентябринка при однократном заражении
Table 4 – The influence of soybean cyst nematode from different populations on the productivity of soybean plants of Sentyabrinka cultivar during a once infection

Вариант	Снижение семенной продуктивности по сравнению с контролем, %			Масса семян в пересчете на 1 000 шт., г
	количество бобов	количество семян	масса семян	
Контроль	0	0	0	165,6
Нематода из Амурской области	1,2	1,2	1,6	163,4
Нематода из Приморского края	2,1	1,7	3,7	162,9

снижение урожайности сорта оставалось в пределах статистической погрешности, что подтверждает высокую устойчивость сорта Сентябринка к соевой цистообразующей нематоды в условиях Амурской области. По результатам опыта, критическое влияние погодно-климатических условий на степень вредоносности нема-

тоды в регионах Дальнего Востока не подтвердилось, в то же время была выявлена разница в поведении вредителя из разных популяций.

Сравнение влияния типа почвы на степень устойчивости сои к заражению соевой нематодой проведено на примере луговой черноземовидной и бурой лесной

почв. Почвы близки по кислотности, содержанию фосфора и аммонийного азота; при этом луговая черноземовидная превосходит бурую лесную почву по содержанию калия и нитратного азота (табл. 5).

В 12 вегетационных сосудах, половина из которых были наполнены луговой черноземовидной почвой, а вторая половина – бурой лесной, были посажены семена сорта Сентябринка. Из 6 сосудов с одним типом почвы три подвергались инфицированию нематодой, остальные оставались контрольными.

Таблица 5 – Характеристики луговой черноземовидной и бурой лесной почв (Амурская область)

Table 5 – Characteristics of meadow chernozem-like soil and brown forest soil from Amur region

Почва	pH	Содержание элементов питания, мг/кг				
		P ₂ O ₅	K ₂ O	азот		
				NO ₃	NH ₄	сумма
Луговая черноземовидная	4,9	79	236	27,0	2,6	29,6
Бурая лесная	5,0	64	83	14,0	2,2	16,2

У растений сои, высаженных в бурую лесную почву, сразу проявилась задержка в развитии. При этом формирование первых тройчатых листьев задержалось на 2–3 дня, цветение – на 5–7 дней. Максимальный рост в контрольном варианте с бурой лесной почвой оказался достигнут на 12–14 дней позже, чем в варианте с луговой черноземовидной почвой, разница в максимальном росте составила 72 мм (рис. 4).

В варианте с луговой черноземовидной почвой количество бобов снизилось



Рисунок 4 – Реакция сорта Сентябринка на заражение *Heterodera glycines* (максимальный рост растений сои при посеве в луговую черноземовидную и в бурую лесную почвы)

Figure 4 – Reaction of Sentyabrinka cultivar to *Heterodera glycines* infection (maximum growth of soybean plants when sown in meadow chernozem-like and brown forest soils)

на 1,3 %, количество семян на 1,8 %, масса семян на 1,2 %. В варианте с бурой лесной почвой количество бобов снизилось на 11,7 %, количество семян на 7,6 %, масса семян на 4,0 %. При этом в контрольном варианте с бурой лесной почвой по отношению к контрольному варианту с луговой черноземовидной почвой количество бобов снизилось на 23,7 %, количество семян на 26,0 %, масса семян на 20,7 % (табл. 6).

В результате, при оценке семенной продуктивности, разница между контрольными группами превысила разницу между контрольной группой и зараженными растениями в каждой из групп. В варианте с бурой лесной почвой, кроме того, при заражении соевой нематодой отмечено незначительное (7,5 %) повышение массы 1 000 семян по сравнению с контролем.

Закключение. В результате исследований выявлены сорта сои Сентябринка и Евгения, устойчивые к соевой цистообразующей нематоды (*Heterodera glycines*). При посеве в зараженную почву растения сорта Сентябринка не проявляют внешних симптомов угнетения, падение урожайности не превышает 1,2 % по сравнению с контролем. Таким образом, при риске заражения сои гетеродерозом в условиях Амурской области имеет смысл переходить на устойчивые к вредителю сорта сои местной селекции.

Также следует уничтожать дикие бобовые по периметру поля, особенно дикую сою, являющуюся одним из основных растений-хозяев для *Heterodera glycines*. Соевая цистообразующая нематода не переносит перегрев почвы и быстро погибает уже при прогреве грунта до 26–28 °С, поэтому следует по возможности избегать

Таблица 6 – Семенная продуктивность сои сорта Сентябринка при заражении соевой цистообразующей нематодой в зависимости от типа почвы

Table 6 – Seed productivity of soybean cultivar Sentyabrinka when infected with soybean cyst nematode depending on soil type

Вариант	Семенная продуктивность на одно растение			Масса семян в пересчете на 1 000 шт., г
	количество бобов, шт.	количество семян, шт.	масса семян, г	
Луговая черноземовидная почва				
Заражение повторность 1	28,3	70,0	10,2	146,2
Заражение повторность 2	29,0	64,9	10,8	153,3
Заражение повторность 3	27,6	67,3	9,9	147,1
<i>Заражение среднее</i>	<i>28,3</i>	<i>67,4</i>	<i>10,3</i>	<i>148,9</i>
Контроль повторность 1	37,3	91,3	13,7	149,8
Контроль повторность 2	28,3	74,3	11,1	150,1
Контроль повторность 3	31,6	82,0	12,3	149,7
<i>Контроль среднее</i>	<i>32,4</i>	<i>82,5</i>	<i>12,4</i>	<i>149,9</i>
Бурая лесная почва				
Заражение повторность 1	17,6	46,6	7,3	157,1
Заражение повторность 2	19,0	40,3	8,0	163,7
Заражение повторность 3	16,9	42,3	7,7	158,2
<i>Заражение среднее</i>	<i>17,8</i>	<i>43,1</i>	<i>7,7</i>	<i>159,7</i>
Контроль повторность 1	25,3	62,0	9,0	144,8
Контроль повторность 2	22,9	57,3	8,7	152,1
Контроль повторность 3	26,0	63,9	9,5	148,7
<i>Контроль среднее</i>	<i>24,7</i>	<i>61,1</i>	<i>9,1</i>	<i>148,5</i>

высеваания сои в тени древесной растительности и на склонах северной экспозиции. Также для лучшего прогрева верхнего слоя почвы необходимо не допускать загущенных посевов.

Соевая цистообразующая нематода переносит затопление и переносится временными потоками воды в бессточные понижения поля, поэтому рельеф поля без бессточных понижений в условиях Амурской области менее подвержен риску появления участков с высокой концентрацией вредителя.

При посеве сои в бедные и истощенные почвы воздействие вредителя становится дополнительным фактором, угнетающим растения до состояния стресса, что приводит к снижению урожайности.

Для предупреждения распространения гетеродероза в регионе необходимо:

1) введение карантинных мер по предотвращению заноса на территорию области соевой цистообразующей нематоды из Приморского края;

2) проверка состояния корневой системы сои, особенно в понижениях поля и вымочках, так как обнаружение цист на корнях выступает наиболее надежным способом обнаружения вредителя;

3) при обнаружении вредителя – замена сои другими культурами (гречихой, рапсом или зерновыми) на протяжении минимум пяти лет;

4) ликвидация бессточных понижений на полях, способствующих концентрации вредителя.

Список источников

1. Прохоров П. П. Нематоды сои верхнего Приамурья : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1973. 25 с.
2. Глотова Л. Е. Нематоды сои и зерновых культур Приамурья. Благовещенск : Благовещенский сельскохозяйственный институт, 1977. 66 с.
3. Глотова Л. Е. Методические указания по диагностике и учету соевой цистообразующей нематоды. М., 1982. 14 с.
4. Глотова Л. Е., Малыш Л. К., Кравцова Н. Н., Глотова Е. В. Изучение устойчивости сои к цистообразующей нематоды // Устойчивость сои к болезням. 1987. Вып. 29. С. 11–16.
5. Власенко Е. В., Глотова Л. Е. Выявление расового состава соевой нематоды и устойчивость к ней сортов сои в Амурской области // Устойчивость сои к болезням. 1987. Вып. 29. С. 24–29.
6. Кравцова Н. Н. Цистообразующие нематоды сельскохозяйственных культур. Меры борьбы с ними в условиях Амурской области : лекция. Благовещенск : Благовещенский сельскохозяйственный институт, 1990. 24 с.
7. Кожушко И. Б., Тихончук П. В., Дубовицкая Л. К. Исходный материал для селекции сои на устойчивость к соевой цистообразующей нематоды : рекомендации. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2003. 33 с.
8. Дубовицкая Л. К., Ли Хунпэн, Положиева Ю. В. Оценка исходного материала сои на устойчивость к вредным организмам // Итоги координации научно-исследовательских работ по сое за 2011–2014 годы : материалы координационного совещания по сое зоны Дальнего Востока и Сибири. Благовещенск : Одеон, 2015. С. 80–86. EDN UIEKIT.
9. Кузьмин А. А., Анисимов Н. С. Анализ эффективности методов мониторинга энтомофауны в соевых агроценозах Амурской области // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2018. № 3 (199). С. 108–113. EDN YSDXNJ.
10. Журбицкий З. И. Теория и практика вегетационного метода. М. : Наука, 1968. 265 с.
11. Loureiro E. de S., Dias Neto J. A., Pessoa L. G. A., de Gregori G. S., da Silva W. K. A., Nichele M. [et al.]. Benefícios econômicos do manejo biológico de *Heterodera glycines* na cultura da soja // Revista De Gestão E Secretariado. 2024. Vol. 15. No. 1. P. 102–113. <https://doi.org/10.7769/gesec.v15i1.3343>.
12. Noel G. R. IMP of soybean cyst nematode in the USA // Ciancio A., Mukerji K. G. (Eds.). Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops Nematodes. Vol. 2. Integrated management of plant pests and diseases. Dordrecht : Springer, 2008. P. 119–126. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6063-2_6.

13. Young L. D., Heatherly L. G. *Heterodera glycines* invasion and reproduction on soybean grown in clay and silt loam soils // Journal of Nematology. 1990. Vol. 22. No. 4. P. 618–619.

14. Ручков Е. Р. Оценка экспортного потенциала сои Дальнего Востока России, основанная на фитосанитарных требованиях стран-импортеров // Защита растений от вредных организмов : материалы X междунар. науч.-практ. конф. Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет, 2021. С. 312–314. EDN MXNRUR.

References

1. Prokhorov P. P. Soybean nematodes of the upper Amur region. *Extended abstract of candidate's thesis*. Moscow, 1973, 25 p. (in Russ.).

2. Glotova L. E. *Nematodes of soybeans and grain crops of the Amur region*, Blagoveshchensk, Blagoveshchenskii sel'skokhozyaistvennyi institut, 1977, 66 p. (in Russ.).

3. Glotova L. E. *Guidelines for the diagnosis and recording of soybean cyst nematode*, Moscow, 1982, 14 p. (in Russ.).

4. Glotova L. E., Malysh L. K., Kravtsova N. N., Glotova E. V. Study of soybean resistance to cyst nematode. *Ustoichivost' soi k bolezniam*, 1987;29:11–16 (in Russ.).

5. Vlasenko E. V., Glotova L. E. Identification of the racial composition of the soybean nematode and the resistance of soybean varieties to it in the Amur region. *Ustoichivost' soi k bolezniam*, 1987;29:24–29 (in Russ.).

6. Kravtsova N. N. *Cyst nematodes of agricultural crops. Measures to control them in the Amur region: lecture*, Blagoveshchensk, Blagoveshchenskii sel'skokhozyaistvennyi institut, 1990, 24 p. (in Russ.).

7. Kozhushko I. B., Tikhonchuk P. V., Dubovitskaya L. K. *Source material for soybean breeding for resistance to soy cyst-forming nematode: recommendations*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2003, 33 p. (in Russ.).

8. Dubovitskaya L. K., Li Hunpen, Polozhieva Yu. V. Estimation of initial material soybean for resistance to pests. Proceedings from Results of coordination of research work on soybeans for 2011–2014: *Koordinatsionnoe soveshchanie po soe zony Dal'nego Vostoka i Sibiri*. (PP. 80–86), Blagoveshchensk, Odeon, 2015. EDN UIEKIT (in Russ.).

9. Kuzmin A. A., Anisimov N. S. Analysis of the efficiency of monitoring methods of entomofauna in soybean agrocoenosis of the Amur region. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk*, 2018;3(199):108–113. EDN YSDXNJ (in Russ.).

10. Zhurbitsky Z. I. *Theory and practice of the vegetative method*, Moscow, Nauka, 1968, 265 p. (in Russ.).

11. Loureiro E. de S., Dias Neto J. A., Pessoa L. G. A., de Gregori G. S., da Silva W. K. A., Nichele M. [et al.]. Benefícios econômicos do manejo biológico de *Heterodera glycines* na cultura da soja. *Revista De Gestão E Secretariado*, 2024;15;1:102–113. <https://doi.org/10.7769/gesec.v15i1.3343>.

12. Noel G. R. IMP of soybean cyst nematode in the USA. In.: Ciancio A., Mukerji K. G. (Eds.). *Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops Nematodes*. Vol. 2. *Integrated management of plant pests and diseases*, Dordrecht, Springer, 2008, P. 119–126. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6063-2_6.

13. Young L. D., Heatherly L. G. *Heterodera glycines* invasion and reproduction on soybean grown in clay and silt loam soils. *Journal of Nematology*, 1990;22;4:618–619.

14. Ruchkov E. R. Assessment of the export potential of soybeans in the Russian Far East, based on the phytosanitary requirements of importing countries. Proceedings from Plant protection from pests: *X Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 312–314), Krasnodar, Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2021. EDN MXNRUR (in Russ.).

© Кузьмин А. А., Анисимов Н. С., 2024

Статья поступила в редакцию 16.07.2024; одобрена после рецензирования 25.08.2024; принята к публикации 06.09.2024.

The article was submitted 16.07.2024; approved after reviewing 25.08.2024; accepted for publication 06.09.2024.

Информация об авторах

Кузьмин Александр Александрович, старший научный сотрудник, лаборатория земледелия, агрохимии и защиты растений, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0003-2228-2451, SCOPUS: 57220651019, Author ID: 818979, kaa@yandex.ru;

Анисимов Николай Станиславович, научный сотрудник, лаборатория земледелия, агрохимии и защиты растений, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0001-7356-7938, SCOPUS: 57193749718, Author ID: 661044, havamall@mail.ru

Information about the authors

Alexander A. Kuzmin, Senior Researcher, Laboratory of Agriculture, Agrochemistry and Plant Protection, All-Russian Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0003-2228-2451, SCOPUS: 57220651019, Author ID: 818979, kaa@yandex.ru;

Nikolay S. Anisimov, Researcher, Laboratory of Agriculture, Agrochemistry and Plant Protection, All-Russian Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0001-7356-7938, SCOPUS: 57193749718, Author ID: 661044, havamall@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.