

Научная статья

УДК 633.853.52: 631.81.095.337(470.326)

DOI: 10.25230/2412-608X-2023-1-193-86-93

## Применение инокулянта и микроудобрений на сое в условиях Центрального Черноземья

Алексей Владимирович Шабалкин

Елена Анатольевна Дубинкина

ТНИИСХ – филиал ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина»  
Россия, 393502, Тамбовская обл., Ржаксинский р-н,  
п. Жемчужный, ул. Зеленая, д. 10  
tniish@mail.ru

**Аннотация.** Представлены результаты исследования по изучению влияния инокуляции семян сои, а также обработки семян и вегетирующих растений сои микроудобрениями на продуктивность и хозяйственно ценные признаки культуры в условиях Центрально-Черноземного региона. Наиболее высокий урожай – 2,42 т/га (в среднем за 4 года), получен на варианте с применением инокуляции семян совместно с обработкой семян и вегетирующих растений сои микроудобрением Микровит St. Прибавка урожая на данном варианте составила 0,68 т/га, или 39,1 %. Содержание сырого протеина в семенах сои в более высоком количестве наблюдалось на вариантах с обработкой их инокулянтам (29,3–32,3 %). Наибольшая разница по сравнению с контролем отмечена на вариантах: Фон + Микровит St (обработка семян ОС) + (Микровит Zn + Микровит B (обработка растений ОР), Фон + Микровит St (обработка семян ОС) + обработка растений (ОР). Она составила 4,2 и 3,5 % соответственно. Наибольший сбор белка в урожае сои был получен на вышеуказанных вариантах – 0,77 и 0,75 т/га соответственно. Содержание жира в семенах сои не зависело от обработки препаратами и составило в среднем 25,3 %. Использование инновационных препаратов позволило снизить себестоимость семян на 1,82–5,09 тыс. р./т и увеличить уровень рентабельности на 15–51 % по сравнению с контрольным вариантом. В результате использования технологических приемов отмечалось повышение сохранности растений к концу вегетации, увеличивалась масса 1000 семян и улучшались показатели качества семян.

**Ключевые слова:** соя, сырой протеин, протравливание семян, инокуляция, микроудобрения, урожайность

*Для цитирования:* Шабалкин А.В., Дубинкина Е.А. Применение инокулянта и микроудобрений на сое в условиях Центрального Черноземья // Масличные культуры. 2023. Вып. 2 (194). С. 86–93.

UDC 633.853.52: 631.81.095.337(470.326)

### The use of inoculant and micronutrients on soybean in the conditions of the Central Chernozem region

A.V. Shabalkin, PhD in economy

E.A. Dubinkina, researcher

TNIISKH – a branch of the I.V. Michurin Federal Research Center

10 Zelenaya str., Zhemchuzhny settlement, Rzhaksinsky district, Tambov region, 393502, Russia  
tniish@mail.ru

**Abstract.** The effect of soybean seeds inoculation as well as the treatment of seeds and vegetating soybean plants with microfertilizers on productivity and economically valuable traits of the crop in the conditions of the Central Chernozem region was studied. The highest yield – 2.42 t/ha (on average for four years) was obtained on the variant the seed inoculation and the treatment of seeds and vegetative soybean plants with a microfertilizer Microvit St were applied. The yield increase in this variant was 0.68 t/ha or 39.1%. The higher amounts of crude protein in soybean seeds were observed in variants where seeds were treated with an inoculant (29.3–32.3%). The greatest difference compared to the control was noted in the variants: Background + Microvit St (seed treatment) + (Microvit Zn + Microvit B (plant treatment); Background + Microvit St (seed treatment + plant treatment), it was 4.2% and 3.5%, respectively. The highest protein yield in the soybean crop was obtained also on the above-mentioned variants – 0.77 t/ha and 0.75 t/ha, respectively. The fat content in soybean seeds did not depend on the treatment with preparations and averaged 25.3%. The usage of innovative preparations allowed reducing the prime cost of seeds by 1.82–5.09 thousand RUR/ton and increasing the level of profitability by 15–51% compared to the control variant. As a result of the application of technological practices, an increase in plants preservation by the end of the growing season was noted, the 1000 seeds weight increased and the quality indicators of soybean seeds improved.

**Keywords:** soybean, crude protein, seed treatment, inoculation, microfertilizers, yield

**Введение.** Главным условием активного усвоения азота воздуха бобовыми культурами является наличие в почве специфических активных штаммов клубеньковых бактерий. Специфическими для

сои являются бактерии вида *Bradyrhizobium japonicum*. В местах традиционного соесяния в почве имеются активные штаммы клубеньковых бактерий для сои. В новых районах соесяния их нет, поэтому необходимо применять специфичные для сои заводские штаммы [1].

Для реализации потенциала сои в настоящее время недостаточно обеспечения минерального питания только макроэлементами. Большое значение приобретают микроудобрения, способные повышать устойчивость растений сои к болезням, стрессам, увеличивающие их продуктивность [2; 3].

Многолетняя эксплуатация земель сельскохозяйственного назначения без восполнения микроэлементного питания приводит к истощению почв и, как следствие, резкому снижению урожайности. Современное аграрное производство ставит перед производителями удобрений новые задачи, решение которых возможно только с появлением инновационных продуктов [4].

Это особенно важно в настоящее время, когда применение минеральных удобрений стало высокзатратным мероприятием, в связи с чем их использование в хозяйствах региона (ЦЧО) резко сократилось. В создавшихся условиях особо важное значение приобретает повышение их эффективности за счет улучшения усвояемости растениями элементов питания из вносимых удобрений, что одновременно позволяет и снизить общую потребность в них. Одним из таких путей в данном направлении является использование комплексных микроудобрений нового поколения [5; 6].

Особую роль в повышении эффективности питания растений и рентабельности производства играют мезо- и микроэлементы: кальций, магний, бор, молибден, медь, цинк, железо, марганец и другие, входящие в состав важнейших ферментов, витаминов, гормонов и других физиологических активных соединений [7].

До недавнего времени некорневое питание растений не считалось обязательным приемом при возделывании сельскохозяйственных культур. Сейчас же является эффективным технологическим приемом, позволяющим получить качественную продукцию с большим экономическим эффектом. Фолиарная обработка растений микроудобрениями позволяет также нивелировать недостаточную активность корневых систем из-за неблагоприятных почвенных условий [8].

Важной задачей при возделывании сои является повышение её урожайности путем совершенствования технологий возделывания, в частности, применения передовых технологических приемов [9]. К числу таких приемов относится использование высокоэффективных инокулянтов на основе активных штаммов ризобий, повышающих уровень симбиотической азотфиксации, а также проведение листовых подкормок специальными микроудобрениями в критические периоды развития растений [10; 11; 12].

В связи с этим впервые на опытном поле Тамбовского НИИСХ – филиала ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» в 2019–2022 гг. изучалось влияние приемов предпосевной обработки семян инокулянтами и микроудобрениями, а также некорневой подкормки комплексным микроудобрением и монопрепаратами на урожайность и качество семян сои.

**Материалы и методы.** Тамбовская область занимает северо-восточную часть Центрально-Черноземного региона. Климат области умеренно континентальный, с устойчивой зимой и преобладанием теплой, нередко полужасушливого характера погоды в летний период. Область относится к зоне неустойчивого увлажнения, о чем свидетельствует гидротермический коэффициент (ГТК) 0,9–1,1 [13].

Почвы – черноземы типичные мощные глинистые и тяжелосуглинистые средне окультуренные. Содержание гумуса в пахотном слое (0–30 см) – 7,0–7,5 %, реакция почвенного раствора (рН<sub>сол.</sub>) – 6,0–6,5. Тя-

желосуглинистый гранулометрический состав обуславливает высокую влагоемкость и значительный запас влаги в ранневесенний период – до 180–200 мм и более доступной влаги в метровом слое почвы.

В целом водно-физические свойства чернозема типичного мощного складываются вполне благоприятно, а высокая водопроницаемость создает хорошие условия для накопления влаги в почве и удовлетворения растений водой в течение вегетационного периода [14].

Исследования проводили на опытном поле Тамбовского НИИСХ – филиала ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» по методике, описанной Б.А. Доспеховым. Сырой жир определяли по методике «Определение сырого жира по количеству обезжиренного остатка» С.В. Рушковского (1965), сырой протеин – фотоколориметрическим по содержанию общего азота. Размер учетной площади делянок 10 м<sup>2</sup>, повторность опыта 3-кратная. Агротехнические мероприятия общепринятые в регионе. Объект исследований – скороспелый сорт сои краснодарской селекции Аванта.

В работе использованы следующие препараты:

Микровит St – инновационное комплексное удобрение с микроэлементами в хелатной форме для обработки семян и подкормки сельскохозяйственных культур. (Состав, г/л: азот – 30, фосфор – 1,5, калий – 24, сера – 40, железо – 30, магний – 23, марганец – 20, бор – 9, цинк – 8, медь – 8, молибден – 5, кобальт – 1).

Микровит Zn – препарат, отличающийся высоким содержанием цинка, использующийся для устранения дефицита по требуемому элементу. (Состав, г/л: цинк – 80, сера – 40, азот – 17, медь – 0,25).

Микровит B – препарат с высоким содержанием бора (Состав, г/л: бор – 130, азот – 48).

Нитрофорс Ж – инокулянт для заблаговременной обработки семян сои. При-

меняется для своевременной активации процессов образования и функционирования клубеньков с целью обеспечения растений доступным азотом в вегетационный период.

Респекта – биологический протравитель для подавления бактериальной и грибной инфекции на семенах, проростках и всходах сои.

В опыте проводили обработку семян сои комплексным микроудобрением Микровит St (0,8 л/т) и инокулянтом Нитрофорс Ж (2 л/т), а также опрыскивание растений как комплексным микроудобрением Микровит St в дозе 0,3 л/га, так и монопрепаратами Микровит Zn (0,3 л/га) и Микровит B (0,8 л/га) в фазах ветвления и начала цветения. За контроль принят вариант с обработкой семян сои протравителем Респекта (1 л/т).

**Результаты и обсуждение.** Хотя в течение некоторого времени соя может переносить засуху без особых повреждений растений, но чувствительна к недостатку влаги в период набухания, прорастания семян и появления всходов, а также в период цветения – бобообразования – налива семян (расход воды растениями в данные периоды составляет 30,8–39,4 % от общего потребления за вегетацию) [15].

Характеризуя гидротермические условия 2019–2022 гг., необходимо отметить, что дефицит влаги наблюдался на протяжении всех четырех лет, однако характер распределения осадков в течение вегетационного периода был различен.

Если в мае и июне 2019 г. температура воздуха превышала среднеголетние показатели, а количество осадков было значительно ниже нормы, и растения были несколько угнетены, то в июле в фазы бобообразования и налива семян температурный режим был несколько снижен, а количество осадков оказалось на уровне среднеголетнего показателя (61,6 мм).

Среднемесячные температуры апреля и мая 2020 г. оказались ниже среднеголетних на 0,6 °С, осадков же выпало выше нормы. Это способствовало интен-

сивному росту и развитию растений сои в начале вегетационного периода.

Наиболее стрессовыми для возделывания сои были условия 2021 г., которые характеризовались недостаточным количеством осадков в критические по водопотреблению фазы вегетации сои. Так, в июле и августе осадков выпало ниже нормы на 42,5 и 39,3 мм, а температура оказалась выше среднеголетних показателей на 2,5 и 4,6 °С соответственно. ГТК июля составил 0,15; августа – 0,08. Больше количество осадков выпало в первые два месяца вегетации (май, июнь) – 105,8 мм, выше нормы на 12,6 мм, что и создало благоприятные условия для формирования симбиотического аппарата.

Температура весенне-летнего периода 2022 г. оказалась выше среднеголетних значений на 1,2 °С, осадков же выпало на 45,2 мм ниже нормы. Летние месяцы вегетационного периода оказались довольно экстремальными для развития растений. ГТК июня составил 0,22; августа – 0,08. В июле в период цветения, образования и роста плодов выпало 55,2 мм осадков, что благоприятствовало формированию урожая сои.

Как зернобобовая культура соя является средообразующей из-за ее способности к симбиотической азотфиксации, эффективность которой зависит как от наличия благоприятных почвенно-климатических условий, так и от комплементарности генотипа макро- и микросимбионта [16].

В нашем опыте обработка семян и двукратная обработка растений изучаемыми препаратами способствовала повышению как количественных, так и качественных показателей урожая. Применение инокулянта и микроудобрений для обработки семян и растений способствовало увеличению урожайности сои, которая варьировала от 2,2 до 2,85 т/га в наиболее благоприятном 2020 г. (табл. 1).

В среднем за четыре года вариант с инокуляцией семян (фон) превосходил по урожайности контроль на 0,32 т/га, а вариант Фон + Микровит St (ОС + ОР) пре-

восходил вариант без инокуляции (Микровит St (ОС + ОР) на 0,4 т/га. При этом по сравнению с контролем (1,74 т/га) прибавка урожая в данном варианте составила 0,68 т/га, т.е. действие микроудобрений усиливается благодаря совместной обработке семян сои микроудобрением и инокулянтном. Хороший результат отмечен в варианте с сочетанием обработки семян инокулянтном (фон) + Микровит St (ОС) + обработкой растений препаратами (Микровит Zn и Микровит В (ОР), где прибавка урожая составила 0,57 т/га, или 30,4 % к контролю (табл. 1).

Таблица 1

**Урожайность сои в зависимости от обработки инокулянтном и микроудобрениями**

Тамбовский НИИСХ, 2019–2022 гг.

Вариант	Урожайность по годам, т/га					Прибавка к контролю, т/га
	2019	2020	2021	2022	среднее	
Контроль (протравливание семян Респекта)	1,69	1,95	1,81	1,52	1,74	-
Фон (протравливание + инокуляция семян Нитрофорсом Ж)	1,97	2,10	1,92	2,25	2,06	0,32
Микровит St (ОС + ОР)	1,89	2,20	2,06	1,93	2,02	0,28
Фон + Микровит St (ОС + ОР)	2,03	2,85	2,34	2,45	2,42	0,68
Микровит St (ОС) + Микровит Zn (ОР)	1,80	2,27	2,01	1,63	1,93	0,19
Фон + Микровит St (ОС) + Микровит Zn (ОР)	1,97	2,54	2,19	2,29	2,25	0,51
Микровит St (ОС) + Микровит В (ОР)	1,78	2,25	2,01	1,72	1,94	0,20
Фон + Микровит St (ОС) + Микровит В (ОР)	1,87	2,40	2,12	2,35	2,18	0,44
Микровит St (ОС) + (Микровит Zn + Микровит В (ОР)	1,84	2,53	2,14	1,88	2,10	0,36
Фон + Микровит St (ОС) + (Микровит Zn + Микровит В (ОР)	1,90	2,70	2,24	2,40	2,31	0,57
НСР <sub>05</sub>	0,24	0,20	0,16	0,21	0,20	

Примечание: ОС – обработка семян;  
ОР – обработка растений

Количественные признаки элементов продуктивности изменялись в зависимости от вариантов опыта и подтверждают результаты, полученные при учете урожайности.

Анализ снопового образца показал, что высота растений в вариантах с обработкой семян и растений сои различными

препаратами превосходила варианты без инокуляции (от 6,5 до 8,0 %). Наибольшая высота стеблей была отмечена в варианте Фон + Микровит St (OC) + (Микровит Zn + Микровит В (OP) – 68,9 см (табл. 2).

Таблица 2

**Элементы структуры урожая сои в зависимости от применения препаратов**

Тамбовский НИИСХ, 2019–2022 гг.

Вариант	Высота растения, см	Количество на растение, шт.		Количество растений на 1 м <sup>2</sup>	Масса 1000 семян, г
		бобов	семян		
Контроль (протравливание семян Респекта)	63,2	17,5	32,4	63	144,7
Фон (протравливание + инокуляция семян Нитрофорсом Ж)	67,3	19,3	36,3	68	150,4
Микровит St (OC + OP)	63,7	17,7	34,7	73	147,5
Фон + Микровит St (OC + OP)	68,8	22,8	43,9	75	154,6
Микровит St (OC) + Микровит Zn (OP)	63,5	17,8	33,0	69	143,9
Фон + Микровит St (OC) + Микровит Zn (OP)	67,8	20,0	39,0	72	149,4
Микровит St (OC) + Микровит В (OP)	64,2	17,5	33,7	65	146,3
Фон + Микровит St (OC) + Микровит В (OP)	68,6	20,3	39,4	70	150,9
Микровит St (OC) + (Микровит Zn + Микровит В (OP)	64,5	18,9	34,8	66	147,7
Фон + Микровит St (OC) + Микровит Zn + Микровит В (OP)	68,9	21,7	41,7	71	152,9

Примечание: OC – обработка семян;  
OP – обработка растений

Густота стояния растений сои на 1 м<sup>2</sup> к уборке составляла в контроле 63 шт./м<sup>2</sup>, а при обработке семян и растений комплексным микроудобрением – 75 шт./м<sup>2</sup>. По сравнению с контрольным вариантом (без инокуляции семян) прибавка по всем вариантам составила от 2 до 12 шт./м<sup>2</sup>.

Количество бобов, число и масса 1000 семян на растении определяют величину урожая. Самое большое количество бобов и семян на растении выявлено в варианте Фон + Микровит St (OC + OP) с инокуляцией семян перед посевом – 22,8 и 43,9 шт. соответственно. Высокий результат по данным показателям отмечен в варианте с инокуляцией семян перед посевом: Фон +

Микровит St (OC) + (Микровит Zn + Микровит В (OP) – 21,7 и 41,7 шт. соответственно (табл. 2).

Масса 1000 семян была выше во всех вариантах с обработкой семян сои инокулянтом (фон). Самым высоким данный показатель оказался в варианте с применением комплексного микроудобрения Фон + Микровит St (OC + OP) – 154,6 г. Прибавка по сравнению с контролем составила 9,9 г, или 6,8 %. По сравнению с вариантом без инокуляции (Микровит St (OC + OP) разница составила 7,1 г, или 4,8 % (табл. 2).

Количество клубеньков в вариантах без инокуляции семян в фазе цветения по вариантам изменялось от 7,8 до 9,8 штук на растение, а с инокуляцией (фон) – от 14,9 до 23,7 штук на растение. Сильнее других реагировали на инокуляцию растения сои в варианте Фон + Микровит St (OC + OP). Количество клубеньков здесь возросло на 15,9 шт./раст. по сравнению с контролем и составило 23,7 шт./раст., или 17,7 млн шт./га (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние инокуляции и микроудобрений на формирование симбиотического аппарата сои**

Тамбовский НИИСХ, 2019–2022 гг.

Вариант	Количество клубеньков	
	шт./раст.	млн шт./га
Контроль (протравливание семян Респекта)	7,8	4,91
Фон (протравливание + инокуляция семян Нитрофорсом Ж)	14,9	10,1
Микровит St (OC + OP)	9,8	7,15
Фон + Микровит St (OC + OP)	23,7	17,7
Микровит St (OC) + Микровит Zn (OP)	8,3	5,73
Фон + Микровит St (OC) + Микровит Zn (OP)	19,8	14,3
Микровит St (OC) + Микровит В (OP)	9,1	5,92
Фон + Микровит St (OC) + Микровит В (OP)	21,6	15,1
Микровит St (OC) + (Микровит Zn + Микровит В (OP)	9,3	6,14
Фон + Микровит St (OC) + (Микровит Zn + Микровит В (OP)	22,8	16,2

Примечание: OC – обработка семян;  
OP – обработка растений

Уровень образования азотфиксирующих клубеньков на корнях сои повысился

в среднем по вариантам опыта на 11,7 шт./раст., или 131,4 % по сравнению с контрольными вариантами без инокуляции, а в пересчете на гектар с учетом густоты стояния растений разница составила 8,7 млн шт./га (табл. 3).

Наибольшее количество азотфиксирующих клубеньков на корнях сои отмечено в 2021 г. – от 13,2 до 30,2 шт./раст. по вариантам опыта.

После просушивания семян сои проводили химический анализ на содержание в них сырого протеина и жира.

В среднем за четыре года более высокое содержание сырого протеина в семенах сои наблюдалось в вариантах с обработкой семян инокулянтном (29,3–32,3 %). Наибольшая разница по сравнению с контролем отмечена в вариантах Фон + Микровит St (OC) + (Микровит Zn + Микровит В (OP), Фон + Микровит St (OC + OP), составившая 4,2 и 3,5 % соответственно. Содержание жира в семенах сои слабо зависело от обработки препаратами и составило в среднем 25,3 % (табл. 4).

Таблица 4

**Содержание сырого протеина и жира в семенах сои и сбор с 1 га**

Тамбовский НИИСХ, 2019–2022 гг.

Вариант	Содержание в семенах, %		Сбор с 1 га, т/га	
	белка	жира	белка	жира
Контроль (протравливание семян Респекта)	28,1	25,5	0,49	0,44
Фон (протравливание + инокуляция семян Нитрофорсом Ж)	29,3	25,0	0,60	0,52
Микровит St (OC + OP)	30,1	26,2	0,61	0,53
Фон + Микровит St (OC + OP)	31,6	25,8	0,77	0,62
Микровит St (OC) + Микровит Zn (OP)	29,5	25,7	0,57	0,50
Фон + Микровит St (OC) + Микровит Zn (OP)	31,0	25,0	0,69	0,56
Микровит St (OC) + Микровит В (OP)	29,8	25,0	0,58	0,48
Фон + Микровит St (OC) + Микровит В (OP)	31,1	24,8	0,68	0,54
Микровит St (OC) + (Микровит Zn + Микровит В (OP)	29,8	25,0	0,63	0,53
Фон + Микровит St (OC) + (Микровит Zn + Микровит В (OP)	32,3	25,2	0,75	0,58

Примечание: OC – обработка семян;  
OP – обработка растений

Важными показателями, характеризующими сою как ценную кормовую культуру, являются также урожай семян и сбор сырого протеина, уровень которого напрямую зависит от урожайности. В нашем опыте сбор белка составил от 0,49 до 0,77 т/га по вариантам опыта. Наибольший сбор белка был получен в вариантах с обработкой семян инокулянтном, максимально – в вариантах Фон + Микровит St (OC + OP) и Микровит St (OC) + (Микровит Zn + Микровит В (OC + OP) – 0,77 и 0,75 т/га соответственно.

Сбор жира в основном зависел от урожайности и составил в нашем опыте от 0,44 до 0,62 т/га (табл. 4).

Показатели экономической эффективности возделывания сои зависели от применения разных видов и сочетаний микроудобрений, а также от использования микроудобрений в комплексе с протравителем и инокулянтном.

Лучшие показатели экономической эффективности производства сои сорта Аванта в среднем за 2019–2022 гг. были получены во всех вариантах с инокуляцией семян сои Нитрофорсом Ж, на которых стоимость продукции составила 61,8–72,6 тыс. р./т, а уровень рентабельности 72,9–101,3 %, что значительно выше, чем в вариантах без инокуляции.

Использование изучаемых инновационных препаратов позволило снизить себестоимость семян на 1820–5090 р./т и увеличить уровень рентабельности на 15–51 % по сравнению с контрольным вариантом. Максимальная прибыль – 36530 р./га при уровне рентабельности 101,3 % – получена в варианте Фон + Микровит St (OC + OP) (табл. 5).

Таблица 5

**Экономическая эффективность возделывания сои в зависимости от применения микроудобрений и инокулянта**

Тамбовский НИИСХ, 2019–2022 гг.

Вариант	Стоимость продукции, тыс. р./га	Производственные затраты, тыс. р./га	Прибыль, тыс. р./га	Себестоимость, тыс. р./т	Рентабельность, %
Контроль (протравливание семян Респекта)	52,2	34,83	17,37	20,00	49,9
Фон (протравливание + инокуляция семян Нитрофорсом Ж)	61,8	35,75	26,05	17,35	72,9
Микровит St (OC + OP)	60,6	35,15	25,45	17,40	72,4
Фон + Микровит St (OC + OP)	72,6	36,07	36,53	14,91	101,3
Микровит St (OC) + Микровит Zn (OP)	57,9	35,02	22,88	18,15	65,3
Фон + Микровит St (OC) + Микровит Zn (OP)	67,5	35,95	31,55	15,98	87,8
Микровит St (OC) + Микровит B (OP)	58,2	35,27	22,93	18,18	65,0
Фон + Микровит St (OC) + Микровит B (OP)	65,4	36,19	29,21	16,00	80,7
Микровит St (OC) + (Микровит Zn + Микровит B (OP))	63,0	35,38	27,62	16,85	78,1
Фон + Микровит St (OC) + (Микровит Zn + Микровит B (OP))	69,3	36,31	32,99	15,72	90,8

**Заключение** Проведенные исследования и анализ экспериментальных данных позволили обосновать применение инокулянта Нитрофорса Ж и сочетание обработок микроудобрениями семян и посевов сои в два срока в фазах образования 6–8 тройчатосложных листьев и начала цветения, обеспечивающих наилучшую реализацию биологического потенциала сорта сои Аванта в конкретных условиях произрастания.

В результате четырехлетнего исследования влияния предпосевной обработки семян протравителем Респекта, инокулянтном Нитрофорс Ж и различных вариантов обработок семян и растений сои микроудобрениями Микровит St, Микровит Zn и Микровит B выявлено, что наибольшую прибавку урожая сои обеспечивает вариант с комплексным микроудобрением Микровит St при обработке семян в дозе 0,8 л/т и двукратной обработке по листьям в дозе 0,3 л/га – 0,68 т/га, за счет увеличения количества бобов на растении на 5,3 шт., количества семян – на 11,5 шт. и массы 1000 семян на 9,9 г. Содержание сырого

протеина при этом возрастало на 3,5 %, а сбор – на 0,28 т/га.

Наилучшие показатели экономической эффективности выращивания сои в среднем за 2019–2022 гг. были получены в варианте Фон + Микровит St (OC + OP), в котором себестоимость семян составила 14910 р./т, а прибыль и уровень рентабельности 36530 р./га и 101,3 % соответственно.

**Список литературы**

1. Вильдфлуш И.Р. [и др.]. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур. – Минск: Беларусь. наука, 2011. – 293 с.
2. Федотова Е.Н., Рысев М.Н., Волкова Е.С., Кусткова Т.А. Эффективность применения микробиологических препаратов и комплексного микроудобрения Аквадон Микро в полевом севообороте со льном-долгунцом // Известия Великолукской ГСХА. – 2016. – № 4. – С. 19–24.
3. Храмой В.К., Бураков К.С. Влияние инокуляции семян на формирование симбиотического аппарата и развитие растений сои в условиях Центрального района Нечерноземной зоны // Материалы Междунар. науч. конф. «Агробиотехнология – 2021», Москва, 24–25 ноября 2021 г. – С. 389–392.
4. Беляев Н.Н., Дубинкина Е.А. Влияние микроудобрения «Аквадон-Микро» на продуктивность сортов озимой пшеницы в условиях Тамбовской области // Вестник ТГУ. – 2012. – Т. 17. – Вып. 3. – С. 1040–1042.
5. Вислобокова Л.Н., Скорочкин Ю.П., Воронцов В.А. Изменения агрохимических показателей чернозёма типичного от приёмов основной обработки // Сборник докладов междунар. науч.-практ. конф. Курского отделения МОО "Общество почвоведов имени В.В. Докучаева" Курск, 21 апреля 2018 г. Редакционная коллегия: Н.П. Масютенко, Г.М. Дериглазова, Г.П. Глазунов. – С. 94–100.
6. Пшеничный Р.Н., Дрёпа Е.Б. Усовершенствование технологии возделывания озимой пшеницы в условиях крайне засушливой зоны // Сб. науч. тр. «Современные тенденции развития науки и технологий», по мат-лам Международной науч.-практ. конф. – Ставрополь, 2020. – С. 298–301.
7. Вислобокова Л.Н., Скорочкин Ю.П., Гераскина А.И., Воронцов В.А., Мустафин И.И., Дубинкина Е.А. [и др.]. Система земледелия нового поколения Тамбовской области. – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2016. – 439 с.
8. Маржохова М.Х., Каиукоев М.В. Эффективность некорневой подкормки сои микроудобрениями // Масличные культуры. – 2022. – Вып. 2 (190). – С. 77–88.
9. Васильчиков А.Г., Акулов А.С. Управление вегетацией перспективных сортообразцов сои путем применения высокоэффективных инокулянтов // Земледелие. – 2018. – № 4. – С. 19–21.
10. Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Бударина Г.А. [и др.]. Влияние применения препаратов Биостим Масличный и Ультрамаг Комби на урожай-

ность новых сортов зернобобовых культур // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 4 (32). – С. 4–12.

11. Niewiadomska A., Sulewska H., Wolna-Maruwka A. [et al.]. The influence of biostimulants and foliar fertilizers on the process of biological nitrogen fixation and the level of soil biochemical activity in soybean (*Glycine max* L.) cultivation // Applied Ecology and Environmental Research. – 2019. – 17 (5). – P. 12649–12666.

12. Kumar N., Misra R., Shankdhar S. [et al.]. Effect of foliar application of boron on growth, yields, chlorophyll, amilose and nitrate reductase activity in rice // An International Journal on Rice. – 2015. – 52 (2). – P. 123–130.

13. Иванова О.М. Оценка влияния азотных удобрений на продуктивность сортов озимой пшеницы на типичном черноземе // Агротехнический вестник. – 2012. – № 5. – С. 44–47.

14. Vorontsov V., Skorochkin Y., Ivanova O., Shabalkin A., Dudova E. Computation of Typical Chernozem in Long-Run Response to Primary Tillage Operations // J. Comput. Theor. Nanosci. – 2019. – 16. – P. 250–254.

15. Зотиков В.И., Зубарева К.Ю., Варламов Н.В. Отзывчивость различных сортов сои на применение органоминеральных удобрений // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 2 (42). – С. 5–15.

16. Акулов А.С., Васильчиков А.Г. Адаптивная технология возделывания сои // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 4 (12). – С. 108–113.

#### References

1. Wildflush I.R. [et al.]. The effectiveness of the use of micronutrients and growth regulators in the cultivation of agricultural crops. – Minsk: Belarus. nauka, 2011. – 293 p.

2. Fedotova E.N., Rysev M.N., Volkova E.S., Kustkova T.A. The effectiveness of the use of microbiological preparations and complex micro fertilization of Aquadon Micro in field crop rotation with flax-longseed // Izvestiya Velikolukskaya GSHA. – 2016. – No. 4. – P. 19–24.

3. Khramoi V.K., Burlakov K.S. The influence of seed inoculation on the formation of the symbiotic apparatus and the development of soybean plants in the conditions of the Central region of the Non-Chernozem zone // Materials of the International Scientific Conference "Agrobiotechnology. – 2021", Moscow, November 24–25, 2021 – P. 389–392.

4. Belyaev N.N., Dubinkina E.A. The effect of Aquadon-Micro micro fertilizer on the productivity of winter wheat varieties in the conditions of the Tambov region // Bulletin of TSU. – 2012. – Vol. 17. – Is. 3. – P. 1040.

5. Vislobokova L.N., Skorochkin Yu.P., Vorontsov V.A. Changes in agrochemical indicators of typical chernozem from basic processing techniques. Collection of reports of the international scientific and practical conference of the Kursk branch of the NGO "Society of Soil Scientists named after V.V. Dokuchaev" Kursk, April 21, 2018. Editorial Board: N.P. Masyutenko, G.M. Deriglazova, G.P. Glazunov. – P. 94–100.

6. Pshenichny, R.N., Drepa E.B. Improvement of winter wheat cultivation technology in an extremely

arid zone // Collection of scientific tr. "Modern trends in the development of science and technology". – by mat-lam International Scientific and Practical Conference – Stavropol. – 2020. – P. 298–301.

7. Vislobokova L.N., Skorochkin Yu.P., Geraskina A.I., Vorontsov V.A., Mustafin I.I., Dubinkina E.A. [et al.]. The system of agriculture of the new generation of the Tambov region. – Tambov: Publishing house Pershina R.V., 2016. – 439 p.

8. Marzhokhova M.Kh., Kashukoev M.V. The effectiveness of foliar fertilization of soybeans with micronutrients // Oilseeds. – 2022. – Is. 2 (190). – P. 77–78.

9. Vasilchikov A.G., Akulov A.S. Vegetation management of promising soybean cultivars by using highly effective inoculants // Agriculture. – 2018. – No. 4. – P. 19–21.

10. Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Budarina G.A., [et al.]. The effect of the use of Biostim Oilseed and Ultramag Combi preparations on the yield of new varieties of leguminous crops // Leguminous and cereal crops. – 2019. – No. 4 (32). – P. 4–12.

11. The influence of biostimulants and foliar fertilizers on the process of biological nitrogen fixation and the level of soil biochemical activity in soybean (*Glycine max* L.) cultivation / A. Niewiadomska, H. Sulewska, A. Wolna-Maruwka, et al. // Applied Ecology and Environmental Research. – 2019. – 17 (5). – P. 12649–12666.

12. Effect of foliar application of boron on growth, yields, chlorophyll, amilose and nitrate reductase activity in rice / N. Kumar, R. Misra, S. Shankdhar [et al.]. // An International Journal on Rice. – 2015. – 52 (2). – 123–130.

13. Ivanova O.M. Assessment of the effect of nitrogen fertilizers on the productivity of winter wheat varieties on typical chernozem // Agrochemical Bulletin. – 2012. – No. 5. – P. 44–47.

14. Vorontsov V., Skorochkin Y., Ivanova O., Shabalkin A. and Dudova E. Calculation of Typical Chernozem in Long-Run Response to Primary Tillage Operations // J. Comput. Theor. Nanosci. – 2019. – 16. – P. 250–254.

15. Zotikov V.I., Zubareva K.Yu., Varlamov N.V. Responsiveness of various soybean varieties to the use of organomineral fertilizers // Legumes and cereals. – 2022. – № 2 (42). – P. 5–15.

16. Akulov A.S., Vasilchikov A.G. Adaptive technology of soybean cultivation // Leguminous and cereal crops. – 2014. – No. 4 (12). – P. 108–113.

#### Сведения об авторах

**А.В. Шабалкин**, канд. экон. наук

**Е.А. Дубинкина**, науч. сотр.

*Получено/Received*

13.03.2023

*Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed*

20.03.2023

*Получено после доработки/Manuscript revised*

05.04.2023

*Принято/Accepted*

26.04.2023

*Manuscript on-line*

30.06.2023