

УДК 633.34:631.461.1/5:66.081

РОЛЬ ВЛАГОУДЕРЖИВАЮЩЕГО УДОБРЕНИЯ В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АЗОТФИКСАЦИИ И ПРОДУКТИВНОСТИ СОИ

Т.П. НЕКРАСОВА, кандидат сельскохозяйственных наук,

E-mail: tatiana.p.nekrasova@gmail.com

А.Л. ЛУКИН, доктор сельскохозяйственных наук, E-mail: loukine@mail.ru

А.П. ПИЧУГИН, кандидат сельскохозяйственных наук, E-mail: alpavp@mail.ru

А.Д. МАКАРОВ, аспирант, E-mail: an.makaroff2013@yandex.ru

ФГБОУ ВО ВОРОНЕЖСКИЙ ГАУ ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I

Для решения задачи обеспечения продовольственной безопасности в России необходимо активно развивать производство сои. Известно, что соя является высокобелковой культурой, при этом важно учитывать её азотофиксирующую способность. Проблемы изменения климата вынуждают искать методы сохранения и накопления почвенной влаги. Перспективным способом решения данной проблемы является регулирование водного режима почв при помощи функциональных влагоудерживающих удобрений (ФВУ). Однако, действие данных препаратов на продуктивность и качество зерна сои в условиях лесостепи ЦЧР остаётся недостаточно изученным. Поэтому изучение влияния ФВУ, а также инокулянтов на биологическую фиксацию азота посевами сои - актуальный вопрос и определено целью данных исследований. Полевой опыт выполнен в условиях лесостепи ЦЧР в 2019-2021 гг. Установлено, что масса клубеньков на варианте «Хайкоут+ФВУ» в фазу цветения составила 35,73 г/м², а на варианте «Контроль+ФВУ» - 7,97 г/м². Число клубеньков на корневой системе сои имели такую же зависимость: лучшим вариантом являлся – «Хайкоут+ФВУ» (1279,3 шт/м²), который превышал вариант «Контроль+ФВУ» по данному показателю в 6 раз. Наибольшие значения фиксированного азота посевами сои отмечены в фазу налива семян на варианте с применением препарата «Хайкоут Супер» на фоне внесения ФВУ (52,4 кг/га). Наименьшее значение биологической фиксации азота отмечено на контроле (без внесения сорбента), где оно составило 30,97 кг/га, что ниже лучшего варианта «Хайкоут+ФВУ» на 41%. Применение влагоудерживающего удобрения и инокулянтов оказывало положительное влияние и на урожайность. Так, на варианте «Хайкоут+ФВУ» урожайность выше варианта «Контроль+ФВУ» на 34,9 % и выше, чем на варианте «Хайкоут Супер» (без внесения ФВУ) на 17,4%.

Ключевые слова: соя, инокулянт, число и масса клубеньков, фиксация азота воздуха, урожайность.

Для цитирования: Некрасова Т.П., Лукин А.Л., Пичугин А.П., Макаров А.Д. Роль влагоудерживающего удобрения в повышении эффективности биологической азотфиксации и продуктивности сои. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 4(44):74-83. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-74-83

THE ROLE OF WATER-RETAINING FERTILIZER IN INCREASING THE EFFICIENCY OF BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION AND SOYBEAN PRODUCTIVITY

T.P. Nekrasova, A.L. Lukin, A.P. Pichugin, A.D. Makarov

FSBEI HE «VORONEZH STATE AGRARIAN UNIVERSITY
NAMED AFTER EMPEROR PETER I»

Abstract: *To address the problem of food security, it is essential to actively develop soybean production in Russia. Besides the fact that soybeans are the source of high-quality vegetable protein, it is important to take into account that they are nitrogen fixers. The problem of climate change forces us to look for methods of dealing with the lack of soil moisture. One of the efficient solutions to this problem is to regulate the soil water regime with the help of functional moisture-retaining fertilizers (FMR). However, the effect of these agents on the productivity and quality of soybean grain in woodland grass areas if the Central Black-earth region remains insufficiently studied. Therefore, studying the effects of FMR as well as the effect of inoculants on the biological nitrogen fixation of soybean crops is a relevant question, which is the purpose of our research. The field experiment was carried out in the conditions of the woodland grass area of the Central Park in 2019-2021. It was discovered that the mass of nodules on the "Highcoat +FMR" variant in the blossom phase was 35.73 g/m², and on the "Control+FMR" variant - 7.97 g/m², respectively. The number of nodules on the soybean root system had the same correlation: the best option was "Highcoat+ absorber" (1279.3 pcs/m²), which exceeded the "Control + absorber" option by 6 times for this indicator. The highest values of nitrogen by soybean crops were detected during the seed filling phase on the variant with the use of the agent "Highcoat Super" after the application of FMR (52.4 kg / ha). The lowest value of biological nitrogen fixation was detected in the control (without the application of FMR), where it amounted to 30.97 kg/ha, which is 41% lower than the best variant "Highcoat + absorber". The use of FMR and inoculants had a positive effect on the yield. As a result, in the variant "Highcoat + absorber", the yield is 34.9% higher than in the "Control+FMR" and 17.4% higher than in the "Highcoat Super" (without replacing it with FMR).*

Keywords: soybean, inoculant, number and weight of nodules, air nitrogen fixation, yield.

Для решения задачи обеспечения продовольственной безопасности России необходимо, в том числе, активно развивать производство сои. Достоинство белка сои заключается в его качественном составе, которое имеет сходство с белками яиц, молока и мяса.

Кроме того, соя способна к азотфиксации, что не может быть оставлено без внимания с развитием технологий экологической направленности. Нарушение азотного баланса почв может привести к загрязнению окружающей среды продуктами химизации, а высокая цена азотных удобрений, заставляет искать пути и разрабатывать научные подходы к оценке значения микроорганизмов в формировании плодородия почв. Следует учитывать, что обеспечение растений азотом в природе осуществляется в естественных процессах жизнедеятельности микроорганизмов без дополнительного применения удобрений. В связи с этим, представляется интересным исследование с целью поиска штаммов микроорганизмов, а также созданию эффективных препаратов на их основе, применяемых в растениеводстве (инокулянтов) для повышения урожайности [1, 2, 3, 4, 5].

Важно и то, что с каждым годом все более актуальной становится проблема изменения климата, а именно глобального потепления. Известно, что наиболее сильно воздействие климатических изменений наблюдается в сельскохозяйственной отрасли в регионах с недостаточным увлажнением и традиционные способы, используемые для сохранения влаги и уровня плодородия почв, малоэффективны и, зачастую, дорогостоящи. [6]. Так, затруднено применение гидромелиорации в районах с недостаточным запасом пресной воды, а внесение большого количества минеральных удобрений ведет к изменению pH почвенного раствора и засолению. Перспективным способом решения данных проблем является регулирование водного режима почв при помощи функциональных влагоудерживающих удобрений (ФВУ) на основе полимерных сорбционных материалов [7]. Однако, действие данных удобрений на симбиотическую активность и продуктивность сои в условиях лесостепи ЦЧР остаётся недостаточно изученным.

Поэтому изучение влияния влагоудерживающих функциональных удобрений (ФВУ) на урожайность и симбиотическую активность сои является актуальным вопросом. Применение инокулянтов – неоспоримый приём в технологии возделывания сои и влияние ФВУ на развитие симбиотической активности сои на фоне применения инокулянтов, остается актуальным вопросом.

Материал и методы исследований

Исследования проводились в условиях Лесостепи ЦЧР в 2019-2021 гг. в Воронежском ГАУ, на полях УНТЦ Агротехнология. На опытном участке преобладает чернозём выщелоченный среднесуглинистый, который имеет высокое содержание фосфора и калия, слабокислую реакцию почвенного раствора. В опыте была использована схема применения инокулянтов и функционального влагоудерживающего удобрения (ФВУ): 1 – Контроль (без инокулянта), 2 – Агрибактер, 3 – Оптимайз, 4 – Хайкоут Супер (табл. 1).

Главной частью функционального влагоудерживающего удобрения является сорбент, в основе которого положен принцип создания материалов с введением в макроцепь на стадии синтеза полимеров биodeградируемых звеньев [8].

Таблица 1

Схема опыта по изучению инокулянтов и функционального влагоудерживающего удобрения (ФВУ) на сое

№ варианта	Описание варианта
1	Контроль
2	Агрибактер
3	Оптимайз
4	Хайкоут Супер
5	Контроль+ФВУ
6	Агрибактер+ФВУ
7	Оптимайз+ФВУ
8	Хайкоут Супер+ФВУ

В целом, почвенно-климатические условия на полях Воронежского ГАУ - типичные для лесостепной зоны ЦЧР и пригодные для выращивания сои.

В исследовании использовали сою – сорта Опус. Сорт включен в Госреестр по Центрально-Чернозёмному (5) региону в 2014 году. Сорт Опус – раннеспелый, детерминантного типа развития. Оригинаторами сорта являются: SEMENCES PROGRAIN INC. (CANADA), ООО «Прогрейн РУ» (г. Воронеж)

Норма высева - 600 тыс. всхожих семян на 1 га, применяли широкорядный способ посева (30 см), глубина посева - 3-4 см. В опыте применяли: влагоудерживающий ФВУ в дозе 20 кг/га и препараты-инокулянты. Удобрения (ФВУ) вносили в почву одновременно с посевом семян, на вариантах, согласно схеме опыта приведенных в таблицах по тексту.

Результаты и их обсуждение

В опытах изучено влияние влагоудерживающего удобрения (ФВУ) с применением препаратов-инокулянтов Агрибактер, Оптимайз, Хайкоут Супер. Было установлено, что на вариантах с внесением в почву ФВУ уже в ранние фазы развития корневая система развивалась интенсивнее. Связано это с тем, что для растений были созданы наиболее благоприятные условия по влагообеспечению. Известно, что именно в ранние фазы развития более активно развивается подземная часть, а не надземная. Было установлено, что в фазу 3-го настоящего листа на вариантах с внесением ФВУ, масса корней сои превышала варианты без применения ФВУ на 21,56-24,7%, а в фазу налива семян – на 20,0% (рис. 1).

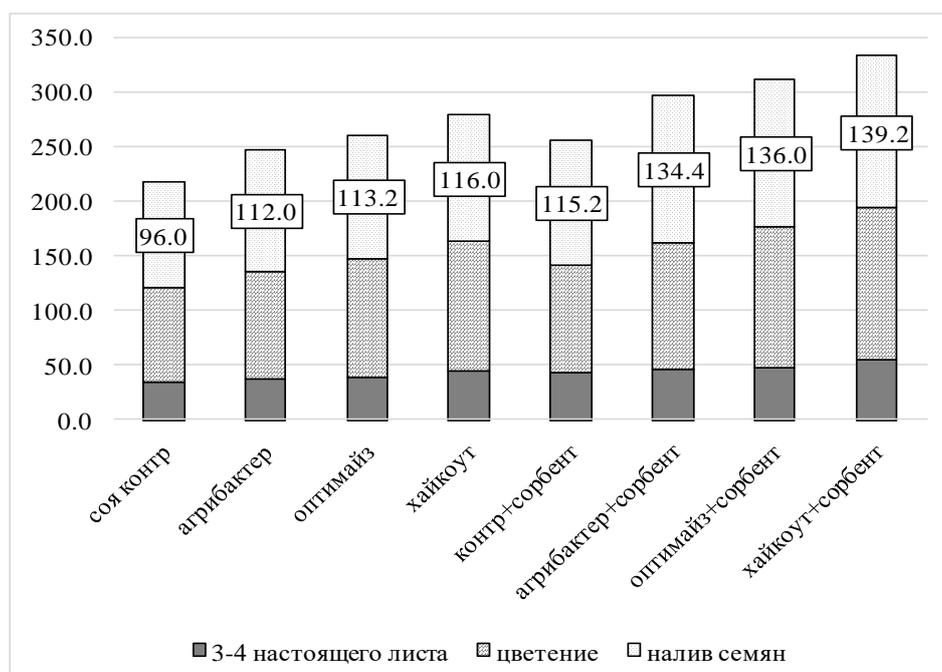


Рис. 1. Масса корней в разные фазы развития растений сои в зависимости от условий выращивания (2019-2021 гг.), г/м²

Было продемонстрировано формирование бобово-ризобияльного аппарата даже на растениях контрольного варианта (без инокуляции) по изменению значений симбиотической активности растений сои. Это свидетельствует о том, что почвы опытных участков имеют аборигенные штаммы клубеньковых бактерий, способных вступать в симбиотические отношения с соей. Однако, в сравнении с вариантами с инокулированными семенами, ризобияльный аппарат на контроле значительно уступал по всем показателям симбиотической активности.

Учитывая эти показатели была проведена оценка азотфиксирующей способности сои в зависимости от инокулянтов и внесения ФВУ.

Наибольшее число и масса клубеньков отмечена на растениях сои в фазу цветения. Так, на рисунке 2 приведены данные, которые свидетельствуют о лучшем их развитии на вариантах с внесением ФВУ и применении инокулянтов, при этом среди инокулянтов лучшие результаты демонстрирует препарат «Хайкоут Супер». Наибольшая масса клубеньков у сои отмечена в фазу цветения на варианте «Хайкоут+ФВУ» и этот показатель составил 35,73 г/м², в то время как на контрольном варианте, на фоне внесения сорбента – 7,97 г/м². Число клубеньков на корневой системе сои имели такую же зависимость: лучшим вариантом был – «Хайкоут+ФВУ» (1279,3 шт/м²), который превышал по данному показателю в 6 раз вариант «Контроль+ФВУ».

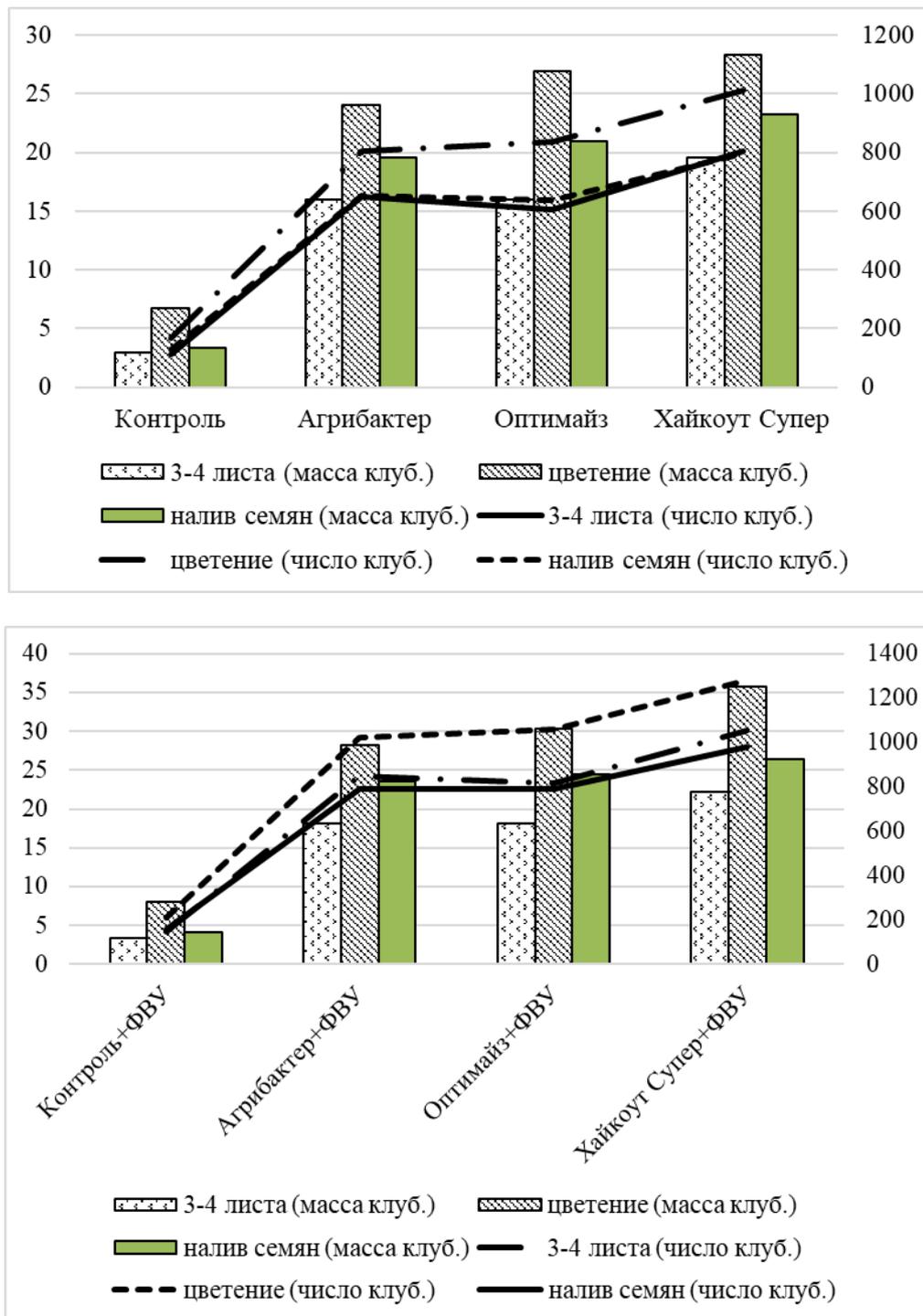


Рис. 2. Число и масса клубеньков на корнях сои в зависимости от условий произрастания

Значительный интерес представляет оценка эффективности работы симбиотического аппарата с использованием показателя общего симбиотического потенциала (ОСП), который учитывает вес всех клубеньков и период их жизни, и активного симбиотического потенциала (АСП), учитывающего массу клубеньков с леоглобином и продолжительность их работы.

Полученные результаты показали, что при использовании инокулянтов на фоне внесения ФВУ в почву общий симбиотический потенциал (ОСП) и активный симбиотический потенциал (АСП) по фазам развития сои были выше, чем на контрольном варианте, где инокулянт и ФВУ не вносили (рис. 3).

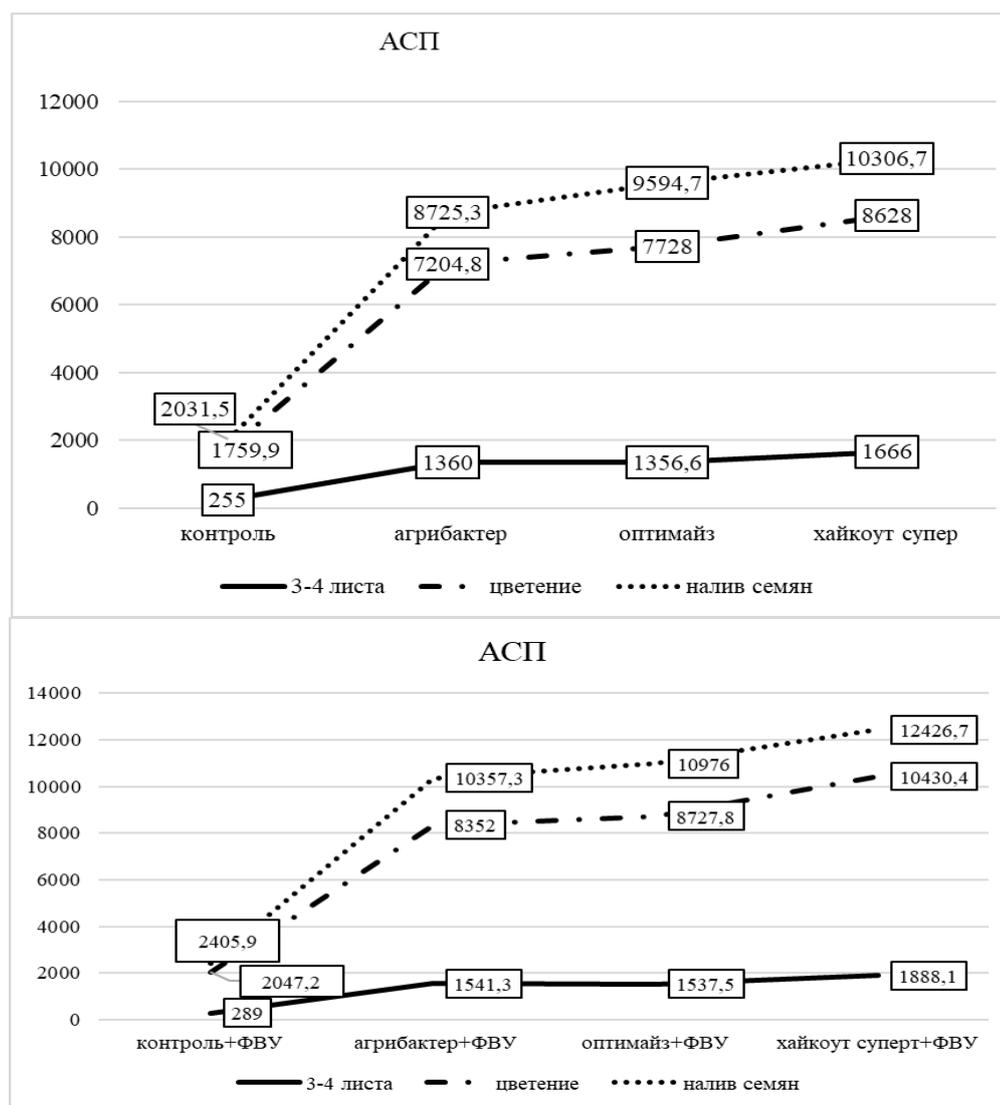


Рис. 3. Активный симбиотический потенциал (АСП) посевов сои в зависимости от условий возделывания, кг×дней/га

Данные рисунка 3 показывают, что максимальные значения АСП отмечены на вариантах с инокулированными семенами и внесением ФВУ в почву. Так, лучшим вариантом при оценке данного показателя оказался препарат «Хайкоут Супер», который в фазе цветения имел АСП выше, чем на контрольном варианте на 8275,2 кг×дней/га, или больше в 5 раз. Внесение ФВУ способствовало увеличению АСП и в фазе цветения лучшим был вариант «Хайкоут Супер», показатель которого превышал этот же вариант (Хайкоут Супер) без внесения ФВУ в 1,2 раза.

Таким образом, в исследовании продемонстрировано, что наибольшее влияние на величину АСП оказал фактор инокуляции. Доказано, что применение инокулянтов в технологии возделывания сои и внесение влагоудерживающего функционального удобрения в почву оказывает влияние на повышение числа и массы клубеньков с легоглобином и повышение активного симбиотического потенциала [7].

Известно, что различные элементы агротехнологии, влияют на урожайность сои, в частности показатель активности микроорганизмов, участвующих в процессе азотфиксации у бобовых культур [9, 10]. Представленные в работе данные косвенно показывают возможности растений сои участвовать в накоплении атмосферного азота. Однако, оценить объемы биологической азотфиксации сои можно рассчитав его по величине АСП и удельной активности симбиоза (УАС), по методике Посыпанова Г.С. (Посыпанов, 1991).

Удельная активность симбиоза (УАС) вычислялась по разности максимального потребления азота посевами сои и разности показателей АСП. В исследованиях УАС зависела от фаз развития растений и наибольшей была в фазу 3-4 настоящего листа, что связано с лучшим обеспечением влагой. Меньшие значения УАС отмечены на всех вариантах в фазу цветения, когда растение интенсивно начинают потреблять азот в связи с развитием генеративных органов. В фазу налива семян УАС сои изменялась по вариантам от 3,55 до 4,32 г × кг/сут. Наибольшие значения отмечены на вариантах с применением влагоудерживающего удобрения (табл. 2).

Таблица 2

**Удельная активность симбиоза посевов сои в зависимости от вариантов,
г × кг/сут.**

Варианты		Фазы развития сои		
		3-4 наст. листа	цветения	налив семян
Без ФВУ	Агрибактер	3,66	2,07	3,55
	Оптимайз	4,53	2,24	3,86
	Хайкоут Сцпер	5,36	2,34	4,25
С внесением в почву ФВУ	Агрибактер	4,00	2,02	3,61
	Оптимайз	4,95	2,47	4,13
	Хайкоут Супер	5,86	3,20	4,32

Как видно из данных таблицы значений УАС, наиболее активно клубеньки накапливают азот при обработке семян инокулянтами и внесении влагоудерживающего удобрения.

На рисунке 4 приведены данные по биологической фиксации азота (БФА) по фазам развития сои.

Наибольшие значения фиксированного азота посевами сои в фазу налива семян 52,4 кг/га отмечены на варианте с препаратом «Хайкоут Супер» при внесении ФВУ. Наименьшее значение БФА отмечено на контроле (без внесения ФВУ), где значение БФА составило 30,97 кг/га, что ниже показателя лучшего варианта на 41%.

Таким образом, применение влагоудерживающего удобрения способствовало увеличению БФА на 19,6-22,4%, в сравнении с вариантами, где ФВУ не вносили. Инокулянт, влиял на данный показатель в большей степени – от 19,5 до 41,4% в зависимости от вариантов. Внесение влагоудерживающего удобрения в почву, способствует повышению азотфиксирующей способности бобово-ризобиального аппарата сои. Доказано, что ФВУ в почве обеспечивает улучшение водного режима и благотворно сказывается на жизнедеятельности ризобий. На вариантах с применением ФВУ фиксация азота была выше на 19,9-22,4%, в сравнении с вариантами, где влагоудерживающее удобрение не вносилось.

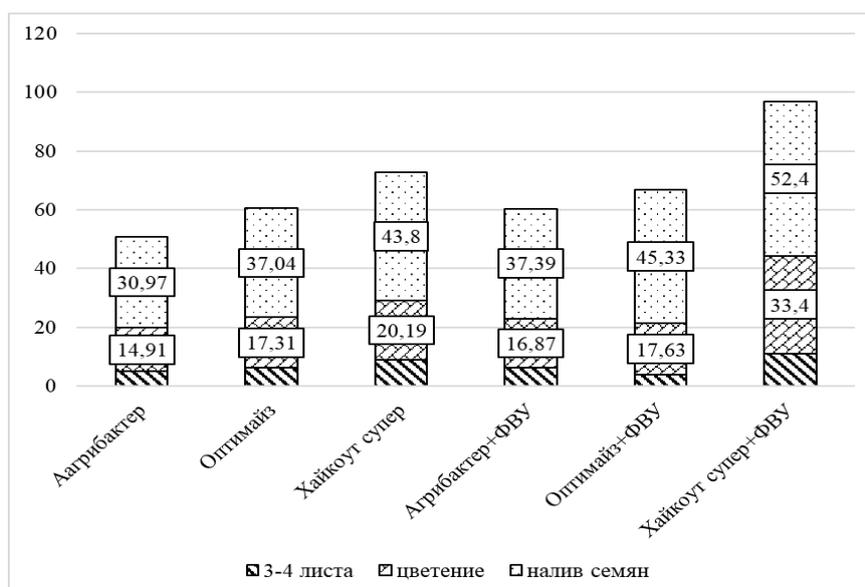


Рис. 4. Биологическая фиксация азота по фазам развития сои в зависимости от агротехнологии, кг/га

В таблице 3 приведены данные величины урожайности сои.

Таблица 3.

Урожайность сои в зависимости от условий произрастания сои, кг/га

Вариант		Урожайность, ц/га			
		2019,0	2020,0	2021,0	средняя
Без внесения ФВУ	Контроль	20,5	15,4	14,4	16,7
	Агрибактер	22,3	17,9	16,2	18,8
	Оптимайз	21,9	17,4	16,1	18,5
	Хайкоут супер	23,6	20,1	19,5	21,1
Внесением ФВУ в почву	Контр+ФВУ	22,1	17,8	16,3	18,7
	Агрибактер+ФВУ	24,3	19,2	18,9	20,8
	Оптимайз+ФВУ	23,8	20,4	19,4	21,2
	Хайкоут супер+ФВУ	25,3	23,8	22,9	24,0
	НСР ₀₅ факт. А	1,25	1,34	0,42	-
	НСР ₀₅ факт. В	0,89	0,72	0,65	-

Примечание: НСР 05 ч. р. – НСР 05 факт. А – ФВУ, НСР 05 факт. В – инокулянты

Анализ результатов таблицы 3 показывает, что достоверной разницы показателей между вариантами с Агрибактером и Оптимайзом не выявлено, а вариант с применением препарата «Хайкоут Супер» отмечен среди остальных и демонстрирует достоверные различия по вариантам.

Наибольшее значение урожайности было на варианте с применением препарата «Хайкоут Супер» и внесением влагоудерживающего ФВУ и составило 22,9 ц/га, что превысило показатель контроля на фоне внесения ФВУ на 34,9% и выше варианта с применением данного препарата «Хайкоут Супер», а без внесения ФВУ на 17,4%.

Выводы

1. Влагоудерживающее функциональное удобрение (ФВУ) способствовало лучшему развитию корневой системы сои уже на ранних фазах (3- тройчатый лист) в связи с созданием благоприятных условий по влагообеспечению растений на всех изученных вариантах. Подтверждено, что в ранние фазы развития наиболее активно развивается подземная часть, особенно при благоприятных условиях. В фазу 3-го настоящего листа на вариантах с внесением ФВУ, масса корней сои превышала варианты без его применения на 21,56-24,7%, а в фазу налива семян – на 20,0%.

2. Наибольшее число и масса клубеньков определено на растениях сои в фазу цветения. Лучшее развитие симбиотического аппарата отмечено на вариантах с внесением ФВУ и применением инокулянтов, при этом лучшим препаратом среди инокулянтов, оказался препарат «Хайкоут Супер». Наибольшая масса клубеньков у сои в исследованиях отмечена в фазу цветения. Установлено, что масса клубеньков на варианте Хайкоут Супер+ФВУ в фазу цветения составила $35,73 \text{ г/м}^2$, в то время как на контрольном варианте, на фоне внесения ФВУ – $7,97 \text{ г/м}^2$. Число клубеньков на корневой системе сои имели такую же зависимость: лучшим вариантом оказался – Хайкоут Супер+ ФВУ ($1279,3 \text{ шт/м}^2$), который превышал по данному показателю в 6 раз вариант «Контроль+ФВУ».

3. Установлено максимальное значение АСП на варианте с инокулированными семенами и внесением ФВУ в почву. При оценке данного показателя лучшим оказался препарат «Хайкоут Супер», который в фазу цветения имел АСП выше, чем на контрольном варианте на $8275,2 \text{ кг} \times \text{дней/га}$, или больше в 5 раз. Внесение ФВУ способствовало увеличению АСП с использованием «Хайкоут Супер», который превышал этот же вариант (Хайкоут Супер) без внесения ФВУ в 1,2 раза.

4. В опытах установлено, что показатель УАС зависел от применения инокулянтов и внесения ФВУ в почву. Наибольшие значения отмечены на варианте «Хайкоут Супер» с применением ФВУ ($4,32 \text{ г} \times \text{кг/сут.}$), без внесения ФВУ на варианте «Хайкоут Супер» УАС составила – $4,25 \text{ г} \times \text{кг/сут.}$

5. Наибольшие значения фиксированного азота растениями сои отмечены на варианте с применением препарата «Хайкоут Супер» с внесением влагоудерживающего удобрения ($52,4 \text{ кг/га}$).

6. Положительное влияние на урожайность оказывало применение влагоудерживающего удобрения и инокулянта на варианте «Хайкоут Супер». Урожайность составила $22,9 \text{ ц/га}$, что выше контроля на $34,9\%$ и выше варианта с применением этого же препарата «Хайкоут Супер» – на $17,4\%$.

Литература

1. Волобуева О.Г. Симбиотическая азотфиксация как фактор экологической безопасности и плодородия почвы // Вестник РУДН, серия экология и безопасность жизнедеятельности, – 2011, – № 1, С. – 53-60.
2. Дозоров А.В. Биологический азот и его значение в экологизации сельскохозяйственного производства // Труды научного центра «Ноосферные знания и технологии». – Ульяновск, – 2002. – вып. 1. – С. 70-72.
3. Некрасова Т.П., Лукин А.Л., Пичугин А.П., Подлесных Н.В., Макаров А.Д. Экологические приемы повышения урожайности сои в условиях ЦЧР // Агро-экологический вестник: материалы международной научно-практической конференции «Экологические проблемы сельскохозяйственного производства. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ», Вып. 9. Воронеж. – 2020. – С. 116-119.
4. Васильчиков А.Г., Акулов А.С. Поиск высокоэффективных инокулянтов для перспективных сортообразцов сои // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 4 (32) – С. 66-71.
5. Акулов А.С., Васильчиков А.Г. Изучение эффективности применения стимулятора роста Альфастим и органоминерального микроудобрения Полидон БИО при возделывании сои // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2 (30). – С. 73-76.
6. Зеленцов С.В., Мошненко Е.В. Пути адаптации сельского хозяйства России к глобальным изменениям климата на примере экологической селекции сои // Научный диалог, – 2012. – № 11. – С. 40-59.
7. Некрасова Т.П., Лукин А.Л., Пичугин А.П. Влияние влагоудерживающего сорбента на ферментативную активность почвы, симбиотическую деятельность и урожайность сои // Биологизация земледелия: перспективы и реальные возможности: материалы международной научно-практической конференции (Россия, Воронеж, 14-15 ноября 2019 г.): ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, – 2019. – 339 с.

8. Кузнецов В.А., Лавлинская М.С., Останкова И.В., Селеменев В.Ф., Семенов В.Н., Лукин А.Л. // Влагопоглощающая способность редкосшитого полимерного материала со свойствами суперабсорбента // Сорбционные и хроматографические процессы, ВГУ, Воронеж. – 2017. – Т. 17. – Вып. 3. – С. 484-489.
9. Шабалкин А.В., Дубинкина Е.А., Беляев Н.Н. Эффективность предпосевной обработки семян и некорневой подкормки сои инокулянтами и микроудобрениями в ЦЧР // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 2 (38). – С. 73-78.
10. Salvagiotti F., Cassman K.G., Specht J.E., Walters D.T., Weiss A. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans. *Field Crops Research* 108 (1), 1-13

References

1. Volobueva O.G. Simbioticheskaya azotfiksatsiya kak faktor ehkologicheskoi bezopasnosti i plodorodiya pochvy [Symbiotic nitrogen fixation as a factor of environmental safety and soil fertility]. *Vestnik RUDN, seriya ehkologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 2011, no 1, pp. 53-60. (In Russian).
2. Dozorov A.V. Biologicheskii azot i ego znachenie v ehkologizatsii sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva [Biological nitrogen and its importance in the environmental protection of agricultural production]. *Trudy nauchnogo tsentra «Noosfernye znaniya i tekhnologii»*. – Ul'yanovsk, 2002, 1, pp. 70-72. (In Russian).
3. Nekrasova T.P., Lukin A.L., Pichugin A.P., Podlesnykh N.V., Makarov A.D. Ehkologicheskie priemy povysheniya urozhainosti soi v usloviyakh TSCHR [Environmental techniques for increasing soybean yield in the conditions of the Central Republic]. *Agro-ehkologicheskii vestnik: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Ehkologicheskie problemy sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva»*. – Voronezh: FGBOU VO «Voronezhskii GAU», 2020, vyp. 9. Voronezh, pp. 116-119. (In Russian).
4. Vasil'chikov A.G., Akulov A.S. Poisk vysokoehffektivnykh inokulyantov dlya perspektivnykh sortoobraztsov soi [Search for highly effective inoculants for promising soybean varieties]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2019, no. 4(32), pp. 66-71. (In Russian).
5. Akulov A.S., Vasil'chikov A.G. Izuchenie ehffektivnosti primeneniya stimulyatora rosta Al'fastim i organomineral'nogo mikroudobreniya Polidon BIO pri vozdeleyvanii soi [Study of the effectiveness of using the growth stimulant Alfastim and organomineral microfertilization Polydon BIO during soybean cultivation]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2019, no. 2(30), pp. 73-76. (In Russian).
6. Zelentsov S.V., Moshnenko E.V. Puti adaptatsii sel'skogo khozyaistva Rossii k global'nym izmeneniyam klimata na primere ehkologicheskoi selektsii soi [Ways of Adaptation of Russian Agriculture to Global Climate Change on the Example of Ecological Soybean Breeding]. *Nauchnyi dialog*, 2012, no.11, pp. 40 – 59. (In Russian).
7. Nekrasova T.P., Lukin A.L., Pichugin A.P. Vliyanie vlagouderzhivayushchego sorbenta na fermentativnuyu aktivnost' pochvy, simbioticheskuyu deyatel'nost' i urozhainost' soi [Influence of water-retaining sorbent on soil enzymatic activity, symbiotic activity and soybean yield] *Biologizatsiya zemledeliya: perspektivy i real'nye vozmozhnosti: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Rossiya, Voronezh, 14-15 noyabrya 2019 g.)* – Voronezh: FGBOU VO Voronezhskii GAU, 2019, pp. 339. (In Russian).
8. Kuznetsov V.A. Lavlinskaya M.S., Ostanкова I.V., Selemenев V.F., Semenov V.N., Lukin A.L. Vlagopogloshchayushchaya sposobnost' redkosshitogo polimernogo materiala so svoistvami superabsorbenta /Kuznetsov V.A. [Moisture-absorbing ability of a rare cross-linked polymer material with superabsorbent]. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy, VGU, Voronezh*, 2017. t. 17, vyp. 3. pp. 484-489. (In Russian).
9. Shabalkin A.V., Dubinkina E.A., Belyaev N.N. Ehffektivnost' predposevnoi obrabotki semyan i nekornevoi podkormki soi inokulyantami i mikroudobreniyami v TSCHR [Efficiency of pre-sowing treatment of seeds and non-root feeding of soybeans with inoculants and micro-fertilizers in TSCHR] *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2021, no. 2 (38), pp. 73-78. (In Russian).
10. Salvagiotti F., Cassman K.G., Specht J.E., Walters D.T., Weiss A. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans. *Field Crops Research* 108 (1), 1-13.