

Научная статья

УДК 631.4+631.46+631.8

DOI: 10.31857/S0869769824020149

EDN: lcmxvm

Влияние комплексной предпосевной обработки семян сои в Приморском крае на урожайность, микрофлору почв и процессы гумусонакопления

Л. Н. Пуртова✉, И. В. Киселева, Н. С. Кочева, Д. А. Русакова,
А. Н. Емельянов

Людмила Николаевна Пуртова

доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник
Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты
Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, Россия
purtova@biosoil.ru
<http://orcid.org/0000-0001-7776-7419>

Ирина Владимировна Киселева

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты
Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, Россия
Kiseleva-iv@inbox.ru
<http://orcid.org/0000-0002-2547-5905>

Нина Сергеевна Кочева

научный сотрудник
Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им А. К. Чайки,
пос. Тимирязевский, Уссурийск, Россия
lab.sem1@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0028-8257>

Дарья Александровна Русакова

аспирант, ведущий инженер
Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты
Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, Россия
dashka93.1993@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0005-6257-2068>

Емельянов Алексей Николаевич

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, директор
Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока
им. А. К. Чайки, пос. Тимирязевский, Уссурийск, Россия
emelyanov.prim@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7112-7856>

Аннотация. Приведены результаты первого этапа исследования последствий совместного применения предпосевной обработки семян сои инсектофунгицидным препаратом (Стандак Топ) с инокулянтом (Хайкоут супер соя) и препаратом Гумат калия в условиях лесостепной зоны Приморского края на физико-химические показатели и микрофлору агроземогумусовых подбелов. Во всех исследуемых вариантах опыта с предпосевной обработкой семян сои установлено снижение содержания гумуса по сравнению с контролем, вызванное усилением процессов минерализации органического вещества микрофлорой и выноса питательных элементов с растительной массой. Зафиксировано возрастание ферментативной (каталазной) активности, что свидетельствовало об увеличении биологической активности почв в целом. Установлена тесная обратная корреляционная связь между содержанием гумуса и параметрами каталазной активности ($r = -0,86$). Для варианта 5 (Гумат калия + Хайкоут супер соя) выявлены наиболее существенные изменения в составе микрофлоры почв по сравнению с контролем. В этом варианте отмечались значительные увеличения численности грибов, олигонитрофилов и рост биогенности почв в целом, что способствовало значительному усилению процесса трансформации органического вещества и деструкции азотистых соединений гумуса. Наибольшее количество клубеньков на корнях сои зафиксировано в фазу цветения и начала бобообразования в вариантах Стандак Топ + Гумат калия + Хайкоут супер соя и Гумат калия + Хайкоут супер соя. Наиболее позитивное последствие на урожайность сои оказывало применение препаратов при предпосевной обработке семян гуматом калия и Стандак Топ. Отмечена положительная тенденция в прибавке урожая сои по сравнению с контролем в вариантах: гумат калия + Хайкоут супер соя и Стандак Топ + Гумат калия + Хайкоут супер соя.

Ключевые слова: почва, гумус, микрофлора, соя, Стандак топ, Гумат калия, Хайкоут супер соя, урожайность

Для цитирования: Пуртова Л. Н., Киселева И. В., Кочева Н. С., Русакова Д. А., Емельянов А. Н. Влияние комплексной предпосевной обработки семян сои в Приморском крае на урожайность, микрофлору почв и процессы гумусообразования // Вестн. ДВО РАН. 2024. № 2. С. 159–169. <http://dx.doi.org/10.31857/S0869769824020149>, EDN: lcmxvm

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031000134-6, № FNGW-2022-005).

Original article

The effect of complex pre-sowing treatment of soybean seeds in Primorsky Krai on yield, soil microflora and humus accumulation processes

L. N. Purtova, I. V. Kiseleva, N. S. Kocheva, D. A. Rusakova,
A. N. Emelyanov

Lyudmila N. Purtova

Doctor of Sciences in Biology, Leading Researcher
Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok,
Russia
purtova@biosoil.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7776-7419>

Irina V. Kiseleva

Candidate of Sciences in Biology, Senior Researcher
Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok,
Russia
Kiseleva-iv@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2547-5905>

Nina S. Kocheva

Researcher

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A. K. Chaika,
Timiryazevsky village, Russia

lab.sem1@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0028-8257>

Daria A. Rusakova

Postgraduate Student, Leading Engineer

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok,
Russia

dashka93.1993@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0005-6257-2068>

Alexei N. Emelyanov

Candidate of Sciences in Agriculture, Senior Researcher, Director

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A. K. Chaika,
Timiryazevsky village, Russia

emelyanov.prim@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7112-7856>

Abstract. The results of the first stage of the study of the aftereffect of the combined use of the pre-sowing treatment of soybean seeds with an insectofungicidal preparation (Standac Top) with an inoculant (HiCoat Super Soy) and Potassium humate in the conditions of the forest-steppe zone of Primorsky Krai on the physico-chemical parameters and microflora of agrotomohumus podbelov are presented. In all the studied variants of the experiment with pre-sowing treatment of soybean seeds, a decrease in the humus content was found, compared with the control, caused by an increase in the processes of mineralization of organic matter by microflora and an increase in the process of removal of nutrients from the plant mass. An increase in enzymatic (catalase) activity was recorded, which indicated an increase in the biological activity of soils as a whole. A close inverse correlation was established between the humus content and the parameters of catalase activity ($r = -0.86$). For option 5 (Potassium humate + HiCoat Super Soy), the most significant changes in the composition of the soil microflora were revealed, compared with the control. In this variant, there was a significant increase in the number of fungi, oligonitrophils and soil biogenicity in general, which contributed to a significant increase in the process of transformation of organic matter and destruction of nitrogenous humus compounds. The greatest amount of nodule formation was recorded during the flowering phase and the beginning of bean formation on the variants of Standac Top + Potassium humate + HiCoat Super Soy. The most positive aftereffect on soybean yield was provided by the use of drugs during pre-sowing seed treatment with Potassium humate and Standact top and Potassium Humate + HiCoat Super Soy. There was a positive trend in the increase in soybean yield compared to the control on the variants: Potassium humate + HiCoat Super Soy and Standac Top + Potassium humate + HiCoat Super Soy.

Keywords: soil, humus, microflora, soy, Standac Top, Potassium humate, HiCoat Super Soy, yield

For citation: Purtova L.N., Kiseleva I.V., Kocheva N.S., Rusakova D.A., Emelyanov A.N. The effect of complex pre-sowing treatment of soybean seeds in Primorsky Krai on yield, soil microflora and humus accumulation processes. *Vestnik of the FEB RAS*. 2024;(2):159–169. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.31857/S0869769824020149>, EDN: lcmxvm

Funding. The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. 121031000134-6, № FNGW-2022-005).

Введение

Соя, один из важных источников продовольственных и кормовых ресурсов, является фиксатором азота атмосферы. Возделывание сои в полевых севооборотах позволяет решать актуальные вопросы применения агротехники, связанные с повышением плодородия почв [1–3]. Вступая в симбиоз с бактериями рода *Bradyrhizobium*, растения получают необходимое количество азота в течение всего

периода вегетации [4]. Чистый препарат клубеньковой бактерии *Bradyrhizobium japonicum* вызывает образование клубеньков на корневой системе сои, усиливающих фиксацию атмосферного азота, способствуя переводу его в усвояемую для культуры аммонийную форму. Способность к биологической фиксации азота у бобовых составляет от 50 до 200 кг/га в зависимости от культуры и условий среды [5, 6].

Для того чтобы при выращивании уменьшить потери сои от болезней и повысить урожай, семена сои обрабатывают инокулянтами (препаратами клубеньковых бактерий) и фунгицидами [7]. Исследованиями Н. А. Бушневой, проведенными в центральной природно-климатической зоне Краснодарского края, установлен положительный эффект совместного применения фунгицида и инокулянта Хайкоут супер при предпосевной обработке семян сои: увеличивалось как число клубеньков на корнях растений, так и их масса [8]. Современные фунгициды достаточно универсальны по своему действию на разные виды возбудителей. Фунгицидный препарат Стандак Топ является инновационным протравителем, применяемым для контроля основных болезней и вредителей сои. Ранее установлено положительное влияние обработки семян фунгицидом Стандак Топ на рост раннеспелого сорта сои Алмаз, где количество образованных растениями бобов в варианте с применением фунгицида положительно отличалось от контроля на 12% [9]. Таким образом, вопрос совместимости используемых фунгицидов с ризобияльными инокулянтами с целью разработки оптимальных технологий при выращивании сои является актуальным.

Наряду с инокулянтами и фунгицидами при обработке семян сои широкое применение находит препарат Гумат калия. Этот препарат является безопасным, повышающим энергию прорастания семян, стимулирующим ростовые процессы и способным за сравнительно короткий период времени восстанавливать плодородие почв, он широко применяется в сельскохозяйственном производстве [10, 11]. Положительное действие гуминовых кислот можно улучшить путем создания композиций с определенными микроэлементами, фунгицидами и микроорганизмами.

В Приморском крае в 2022 г. соей было засеяно 292 700 га, средняя урожайность составила 12–13 ц/га [12]. Для повышения урожайности сои необходимо комплексное применение препаратов, стимулирующих рост, энергию прорастания семян, а также обладающих инсектофунгицидным действием. Между тем вопрос совместного применения инсектофунгицидного препарата с инокулянтом и Гуматом калия при предпосевной обработке семян сои в условиях Приморского края не рассматривался. Не изучалось и последствие обработки семян сои на микрофлору почв и процессы гумусоаккумуляции. Поэтому первой целью нашего исследования в данном направлении было установление влияния применения препаратов Хайкоут супер соя, Стандак Топ, Гумат калия и их комбинаций при предпосевной обработке семян сои на урожайность сои, микрофлору и трансформацию органического вещества почв в условиях лесостепной зоны Приморского края.

Материалы и методы

Полевые опыты по изучению влияния предпосевной обработки сои препаратами протравителей и инокулянта на образование клубеньков проводили согласно методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве [13]. Закладка опыта в трехкратной повторности с посевом сои сорта Бриз проводилась в питомнике размножения 1 года на пашне стационарного опыта ФНЦ Агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки, пос. Тимирязевский, Уссурийского района Приморского края, согласно методике Б. А. Доспехова [14]. Норма высева – 500 тыс. всхожих семян на 1 га. Учетная площадка делянки 50 м². Отбор почвенных образцов проводили в сентябре 2022 г. методом конверта. Почва – агро-

темногумусовый подбел глееватый (в работе использованы названия почв согласно Классификации и диагностике почв России [15]) – характеризовалась следующим набором генетических горизонтов: PU (0–25 см) – Elnng (25–47) – BTg (47–102) – Cg (102 см и ниже). Содержание гумуса в пахотном слое изменялось в диапазоне от 4,58 до 5,15%, реакция почвенного раствора (рН сол.) – от 5,94 до 6,01. Почвы среднесуглинистого гранулометрического состава.

При подсевной обработке семян сои использованы следующие препараты:

1. Стандак Топ – фунгицидный протравитель, действующие вещества (г/л): пираклостробин (25), фипронил (250), тиофанат метил (225). Спектр действия: фузариоз всходов и фузариозная корневая гниль, аскохитолз, плесневение семян. Оказывает положительное влияние на всхожесть семян, хорошо совместим с инокулянтами. Применялся в дозе 1,5 л/т.

2. Хайкоут супер соя – инокулянт, чистый препарат клубеньковой бактерии *Bradyrhizobium japonicum*. Высокий бактериальный титр (10 млрд клеток в 1 мл препарата) одного штамма гарантирует качественную инокуляцию. Препарат совместим с протравителями, при предпосевной обработке семян сои применялся в дозе 2,84 л/т.

3. Основа Гумата калия – соль гуминовой кислоты, в состав входят также белки, аминокислоты, стимуляторы роста растений, микро- и макроэлементы. Гумат калия снижает кислотность почв, активизирует деятельность микрофлоры почв, стимулирует рост и повышает иммунитет растений к стресс-факторам, ускоряет созревание урожая, повышает его качество. Гуматы являются экологически чистыми веществами, которые не накапливаются в растениях, и безвредны для человека. Препарат применялся в дозе 1 л/т, основного действующего вещества (гуминовые кислоты) – 80 г/л.

Закладка опыта в посевах сои в условиях полевого опыта проводилась по схеме:

1) Контроль, 2) Стандак Топ, 3) Стандак Топ + Хайкоут супер соя, 4) Гумат калия, 5) Гумат калия + Хайкоут супер соя, 6) Стандак Топ + Гумат калия, 7) Стандак Топ + Гумат калия + Хайкоут супер соя, 8) Хайкоут супер соя. Номера опытов соответствуют используемым в таблицах.

При исследовании физико-химических параметров почв применяли общепринятые в почвоведении методы. Кислотность почв (рНв, рНс) исследовали потенциометрически с помощью комбинированного стеклянного электрода на рН-метре HI 2215 HANNA. Содержание гумуса в горизонте PU определяли по методу И. В. Тю-

Таблица 1

Метеорологические условия 2022 г.*

| Показатель | Апрель | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь |
|-------------------------|--------|------|-------|-------|--------|----------|---------|
| Температура воздуха, °С | | | | | | | |
| Средний за месяц | 7,5 | 13,0 | 16,9 | 21,4 | 21,5 | 16,1 | 8,1 |
| Средний многолетний | 4,9 | 11,2 | 15,7 | 20,0 | 20,0 | 15,0 | 7,0 |
| Осадки, мм | | | | | | | |
| Общий за месяц | 18,2 | 56,5 | 117,7 | 214,0 | 214,0 | 108,8 | 63,1 |
| Средний многолетний | 35,0 | 63,0 | 84,0 | 93,0 | 93,0 | 106,0 | 54,0 |

* Данные агрометеорологической станции «Тимирязевский». URL: http://www.primgidromet.ru/about/karta_seti/timiryazevskiy (дата обращения: 18.10.2022).

рина [16]. При оценке содержания и запасов гумуса использованы оценочные шкалы, разработанные Д. С. Орловым с соавторами [17]. Изменения кислотности почв характеризовали по общепринятым региональным шкалам [18]. Каталазную активность исследовали газометрическим методом по А. Ш. Галстяну [19].

Численность микроорганизмов различных эколого-трофических групп определяли классическим методом посева почвенной суспензии на агаризованные питательные среды: мясо-пептонный агар (МПА), крахмало-аммиачный агар (КАА), среды Эшби и Чапека [20].

Погодные условия формирования почв представлены в табл. 1.

Полученные результаты обработаны статистически с помощью компьютерной программы Microsoft Office Excel 2013. В таблицах приведены средние статистические данные и ошибка среднего.

Результаты и обсуждения

Исследуемые почвы приурочены к Приморской юго-западной гидротермической провинции, для которой характерны высокие среднегодовые показатели выпадения осадков (до 800 мм), радиационного баланса (52,2 ккал/см² в год) и затрат энергии на почвообразование (44,9 ккал/см² в год) [21–22]. Неравномерное выпадение осадков в течение года вызывает сильное переувлажнение почв летом и иссушение в осенне-зимний период. За период вегетации 2022 г. сумма активных температур свыше 10 °С составила 2778 °С, сумма осадков – 657,8 мм (ГТК = 2,37 – избыточно-влажный). Количество осадков в июне, июле и августе превысило в 1,2–2,3 раза средние многолетние нормы (табл. 1).

Гумусообразование на исследуемых вариантах опыта, судя по показателям рНс, протекало в условиях слабокислой реакции среды (табл. 2). Показатели рНв актуальной кислотности были выше: во всех исследуемых вариантах опыта реакция среды слабощелочная.

Таблица 2

Параметры почвы в горизонте PU агротемногумусовых подбелов в зависимости от способа предпосевной обработки семян сои

| Вариант опыта | рНв | рНс | Содержание гумуса, % | Запасы гумуса*, т/га |
|---------------|-------------|-------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 7,44 ± 0,07 | 6,07 ± 0,02 | 5,15 ± 0,25 | 131,8 ± 3,75 |
| 2 | 7,60 ± 0,10 | 6,09 ± 0,05 | 4,77 ± 0,19 | 130,7 ± 2,54 |
| 3 | 7,64 ± 0,15 | 6,10 ± 0,00 | 4,96 ± 0,20 | 124,0 ± 2,20 |
| 4 | 7,59 ± 0,13 | 6,08 ± 0,20 | 4,38 ± 0,05 | 109,5 ± 4,5 |
| 5 | 7,50 ± 0,11 | 6,02 ± 0,18 | 4,86 ± 0,15 | 128,3 ± 3,20 |
| 6 | 7,47 ± 0,09 | 6,01 ± 0,01 | 3,23 ± 0,10 | 87,2 ± 2,10 |
| 7 | 7,49 ± 0,10 | 5,97 ± 0,20 | 4,58 ± 0,08 | 116,3 ± 3,21 |
| 8 | 7,45 ± 0,12 | 5,95 ± 0,18 | 4,58 ± 0,09 | 110,8 ± 4,50 |

* В слое 0–20 см.

Содержание гумуса, согласно оценочным грациям Д. С. Орлова с соавторами [17], на контроле в посевах сои без протравливания семян было ниже средних значений, а запасы гумуса соответствовали средним показателям. То, что в контроле содержание гумуса стало выше, чем в вариантах опыта, объясняется меньшим выносом гумусовых соединений из-за меньшей вегетативной массы растений и урожайности сои (табл. 3).

Урожайность сои и процент выхода семян по вариантам

| Вариант опыта | Урожайность, ц/га | Выход семян, % |
|---------------|-------------------|----------------|
| 1 | 23,0 | 87,0 |
| 2 | 25,3 | 89,0 |
| 3 | 25,0 | 87,0 |
| 4 | 25,5 | 91,0 |
| 5 | 26,0 | 88,0 |
| 6 | 24,2 | 86,0 |
| 7 | 24,8 | 88,0 |
| 8 | 24,2 | 86,0 |

Среди вариантов опыта более высокими показателями содержания гумуса в горизонте РU отличались 3 (Стандак Топ + Хайкоут супер соя) и 5 (Гумат калия + Хайкоут супер соя). Применение инокулянта, обогащенного клубеньковыми бактериями, в значительной степени активизировало процесс фиксации атмосферного азота и деятельность микрофлоры, привело к усилению процесса трансформации органического вещества и оказало позитивное влияние на процесс гумусонакопления. Запасы гумуса в слое 0–20 см на исследуемых вариантах достигали средних значений и находились в диапазоне от 109 до 131,8 т/га, исключение составил вариант 6 Стандак Топ + Гумат калия с изначально низким содержанием гумуса (табл. 1).

Различия между вариантами прослеживались и в показателях ферментативной (каталазной) активности почв. Для всех вариантов опыта она была выше, чем в контроле (табл. 4).

Таблица 4

Микробиологическая активность почв в зависимости от способа предпосевной обработки семян сои, тыс. КОЕ/г почвы

| Вариант опыта | Микроорганизмы на МПА | Грибы на среде Чапека | Микроорганизмы на КАА | | Олигонитро-филы на среде Эшби | Биогенность | КМ | Ка |
|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|-------------------------------|----------------|-----|------------|
| | | | Бактерии | Актиномицеты | | | | |
| 1 | 11 850 ± 1060 | 125 ± 77 | 11 550 ± 353 | Н.о. | 8000 ± 283 | 31 525 ± 1955 | 1,0 | 2,7 ± 0,10 |
| 2 | 12 850 ± 494 | 140 ± 0 | 12 750 ± 636 | 300 ± 70 | 13 050 ± 70 | 39 090 ± 1270 | 1,0 | 3,7 ± 0,13 |
| 3 | 8200 ± 494 | 120 ± 14 | 3750 ± 70 | Н.о. | 8350 ± 636 | 20 420 ± 1211 | 0,5 | 3,0 ± 0,00 |
| 4 | 10 000 ± 424 | 290 ± 42 | 12 200 ± 283 | 300 ± 70 | 12 600 ± 424 | 35 690 ± 1243 | 1,3 | 3,0 ± 0,00 |
| 5 | 41 300 ± 1838 | 380 ± 46 | 53 000 ± 1979 | 400 ± 141 | 27 600 ± 707 | 123 080 ± 4711 | 1,3 | 3,5 ± 0,15 |
| 6 | 7600 ± 282 | 145 ± 21 | 13 700 ± 424 | 100 ± 70 | 9300 ± 565 | 30 945 ± 1362 | 1,8 | 5,3 ± 0,18 |
| 7 | 7350 ± 353 | 60 ± 28 | 11 650 ± 1202 | 100 ± 0 | 8700 ± 707 | 27 960 ± 2290 | 1,6 | 3,8 ± 0,16 |
| 8 | 6600 ± 424 | 100 ± 7 | 2750 ± 70 | 100 ± 0 | 9500 ± 141 | 19 150 ± 642 | 0,4 | 3,3 ± 0,09 |

Примечание. КМ (КАА/МПА) – коэффициент минерализации и иммобилизации Е. Н. Мишустина. Ка – каталазная активность почв, мл O₂/г почвы/мин. Н.о. – не обнаружено.

Возрастание каталазной активности свидетельствует об усилении биологической активности почв и процессов трансформации органического вещества микрофлорой (варианты 2, 5, 6, 7) с применением предпосевного протравливания семян сои инокулянтом Хайкоут супер соя, Гуматом калия и инсектофунгицидным препаратом Стандакт топ. Установлена тесная обратная корреляционная связь между содержанием гумуса и параметрами каталазной активности ($r = -0,86$).

Как показали результаты исследования, наиболее существенные изменения в составе микрофлоры почв, по сравнению с контролем отмечены для варианта 5 (Гумат калия + Хайкоут супер соя), в котором увеличилось в 3 раза численность грибов, в 3,5 раза – олигонитрофилов, в 3,9 раз биогенность почв в целом (табл. 4). Это значительно усилило процесс трансформации органического вещества и деструкцию азотистых соединений гумуса. Увеличению численности всех исследуемых эколого-трофических групп во многом способствовало применение при обработке семян сои инокулянта Хайкоут супер соя, обогащенного бактериями *Bradyrhizobium japonicum*, совместно с Гуматом калия.

Исследованиями установлено, что Гумат калия стимулирует физиологические процессы в растениях сои, способствуя увеличению содержания хлорофилла и каротиноидов в листьях, что приводит к увеличению клубеньковых бактерий. Хайкоут супер соя усиливает развитие азотфиксирующих клубеньков, в которых атмосферный азот восстанавливается до аммиака и усваивается растением. Это приводит к усилению/формированию боковых побегов и увеличению массы семян сои [23].

На исследуемых вариантах опыта наибольшее количество клубеньков отмечено в фазу цветения и начала бобообразования, лучшие результаты достигнуты в вариантах опыта 4, 5, 7 (табл. 5).

Таблица 5

Учет клубеньков на одном растении сои в среднем

| Вариант опыта | Фаза цветения – начало бобообразования | | Фаза полного созревания | |
|---------------|--|--------|-------------------------|--------|
| | кол-во, шт. | вес, г | кол-во, шт. | вес, г |
| 1 | 82 | 1,3 | 15 | 0,15 |
| 2 | 80 | 1,5 | 18 | 0,19 |
| 3 | 82 | 1,6 | 22 | 0,33 |
| 4 | 87 | 1,6 | 24 | 0,30 |
| 5 | 89 | 1,7 | 24 | 0,33 |
| 6 | 85 | 1,6 | 19 | 0,20 |
| 7 | 89 | 1,8 | 24 | 0,28 |
| 8 | 82 | 1,4 | 24 | 0,25 |

Переходу питательных элементов в доступную для растений форму во многом способствовало совместное применение с инокулянтом Гумата калия, являющегося своеобразным катализатором протекания почвенных процессов. Это в конечном итоге обусловило повышение урожайности сои до 26 т/га (табл. 3, вариант 5). Усиление процессов иммобилизации азота зафиксировано в вариантах 2 (протравливание семян Стандак Топ) и 4 (предпосевная обработка Гуматом калия), где урожайность сои возросла по сравнению с контролем (23,0 т/га) до 25,3 и 25,5 т/га. Было обращено внимание на показатель выхода семян от общего урожая, используемых для дальнейшего размножения. Самый высокий показатель выхода семенной продукции был получен при предпосевной обработке семян Гуматом калия – 91%, Стандак Топ – 89%, Стандак Топ + Гумат калия + Хайкоут супер соя – 88%. При обработке

препаратом Хайкоут супер соя зафиксирован самый низкий (82%) показатель выхода семенной продукции.

Заключение

Таким образом, на первом этапе исследования последствий комплексной предпосевной обработки семян сои инокулянтом Хайкоут супер соя, инсектофунгицидом Стандак Топ и Гуматом калия по сравнению с контролем выявлены:

изменения в микрофлоре и протекании процессов гумусонакопления в агрономогумусовых подбелах, использованных под посевы;

снижение содержания гумуса, вызванное усилением процессов минерализации органического вещества и выносом питательных элементов с растительной массой;

усиление биологической активности почв, о чем свидетельствует возрастание ферментативной активности;

тесная обратная корреляционная связь между содержанием гумуса и параметрами каталазной активности ($r = -0,86$);

изменения в составе микрофлоры почв в посевах сои, наиболее существенные зафиксированы для варианта 5 (Гумат калия + Хайкоут супер соя). Здесь отмечено значительное увеличение численности грибов, олигонитрофилов и биогенности почв в целом. Это способствовало значительному усилению процесса трансформации органического вещества и деструкции азотистых соединений гумуса;

наиболее позитивное, среди всех вариантов опыта, последствие на урожайность применения препаратов Гумата калия и Стандак Топ, а также положительная тенденция в прибавке урожая сои в вариантах: Гумат калия + Хайкоут супер соя, Стандак Топ + Гумат калия + Хайкоут супер соя.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Белявская Л.Г., Рыбальченко А.М. Скрининг коллекции сои по скороспелости и продуктивности в условиях Левобережной лесостепи Украины // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 1. С. 63–69. DOI: 10.24411/2309–348X-2019–11074.
2. Машенко Н.В. Фитосанитарный мониторинг сои. Благовещенск: Зея, 2008. 190 с.
3. Зотиков В.И., Зубарева К.Ю., Варламов Н.В. Отзывчивость различных сортов сои на применение органоминеральных микроудобрений // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 2. С. 5–15. DOI: 10.24412/2309–348X-2022–2–5–15.
4. Бутовец Е.С., Лукьянчук Л.М. Результаты испытания штаммов ризобий видов *Bradyrhizobium japonicum* и *Sinorhizobium fredii* на сортах сои Сфера и Муссон в условиях Приморья // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 8. С. 66–69. DOI: 10.24411/0235–2451–2020–10811.
5. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Наумкин В.В. Зернобобовые культуры – важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 1. С. 6–13.
6. Тильба В.А., Синеговская В.Т. Роль симбиотической азотфиксации в повышении фотосинтетической продуктивности сои // Докл. РАСХН. 2012. № 5. С. 16–18.
7. Барзенкова Г.А. Оптимизация технологии предпосевного протравливания и возможности его сочетания с инокуляцией для защиты сои от семенной инфекции // Зернобобовые и крупяные культуры. 2014. № 1. С. 22–30.
8. Бушнева Н.А. Эффективность совместного применения инокулянтов и фунгицидов при обработке семян сои // Масличные культуры. 2019. № 4. С. 119–123. DOI: 679.64:632.952:633.853.52.
9. Кириченко Е., Павлище А.В., Омельчук С.В., Жемойда А.В., Коць С. Физиологические аспекты ответа соево-ризобияльного симбиоза на действие фунгицидов Стандак Топ и Февер // Stiinta Agricola. 2020. № 2. С. 59–72. DOI: 10.5281/zenodo.4320984.
10. Чуманова Н.Н., Анохина О.В., Самаров В.М. Оценка влияния гумата калия на ростовые показатели и продуктивность ячменя и картофеля в условиях лесостепной зоны Кемеровской области // Вестн. РАЕН. 2014. № 16. С. 105–110.

11. Касимова Л. В., Проскурина Л. Д., Малюга А. А. Влияние гуминового препарата из торфа Гумостим на урожайность и болезни картофеля // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 5. С. 29–32.
12. Дериглазова Г. М. Современные тенденции возделывания сои в России // АгроЗооТехника. 2022. Т. 5, № 3. DOI: 10.15838/alt.2022.5.3.1.
13. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / под ред. В. И. Долженко. С.-Пб., 2009. 378 с.
14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
15. Шишов Л. Л., Тонконогов В. Д., Лебедева И. И., Герасимова М. И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
16. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
17. Орлов Д. С., Бирюкова О. Н., Розанова М. С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. № 8. С. 918–926.
18. Ознобихин В. И., Синельников Э. П. Характеристика основных свойств почв Приморья и пути их рационального использования. Усурийск: Приморский с.-х. ин-т, 1985. 72 с.
19. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. М.: МГУ, 1991. 304 с.
20. Титова В. И., Козлов А. В. Методы оценки функционирования микробоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества. Нижний Новгород: Нижегородская с.-х. акад., 2012. 64 с.
21. Степанько А. А. Агрогеографическая оценка земельных ресурсов и их использование в районах Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1992. 115 с.
22. Пуртова Л. Н., Костенков Н. М. Содержание органического углерода и энергозапасы в почвах природных и агрогенных ландшафтов юга Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2009. 124 с.
23. Головина Е. В., Гришечкин В. В. Влияние инокуляции и гумата калия на физиологические и биохимические показатели новых сортов сои // Зернобобовые и крупяные культуры. 2015. № 1. С. 45–52.

REFERENCES

1. Belyavskaya L. G., Rybal'chenko A. M. Skrining kolektsii soi po skorospelosti i produktivnosti v usloviyakh Levoberezhnoi lesostepi Ukrainy = [Screening of soybean collection for early maturity and productivity in the conditions of the Left Bank forest-steppe of Ukraine]. *Legumes and groat crops*. 2019;(1):63–69. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11074. (In Russ.).
2. Mashchenko N. V. Fitosanitarnyi monitoring soi = [Phytosanitary monitoring of soybeans]. Blagoveshchensk: Zeya; 2008. 190 s. (In Russ.).
3. Zotikov V. I., Zubareva K. Yu., Varlamov N. V. Otzyvchivost' razlichnykh sortov soi na primenenie organomineral'nykh mikroudobrenii = [Responsiveness of different soybean varieties to the use of organomineral microfertilizers]. *Legumes and groat crops*. 2022;(2):5–15. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-5-15. (In Russ.).
4. Butovets E. S., Luk'yanchuk L. M. Rezul'taty ispytaniya shtammov rizobii vidov *Bradyrhizobium japonicum* i *Sinorhizobium fredii* na sortakh soi Sfera i Musson v usloviyakh Primor'ya = [Results of testing strains of rhizobia species *Bradyrhizobium japonicum* and *Sinorhizobium fredii* on soybean varieties Sfera and Musson in Primorye conditions]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2020;34(8):66–69. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10811. (In Russ.).
5. Zotikov V. I., Naumkina T. S., Gryadunova N. V., Sidorenko V. S., Naumkin V. V. Zernobobovye kul'tury – vazhnyi faktor ustoychivogo ehkologicheskii orientirovannogo sel'skogo khozyaistva = [Pulses are an important factor in sustainable environmentally oriented agriculture]. *Legumes and groat crops*. 2016;(1):6–13. (In Russ.).
6. Til'ba V. A., Sinegovskaya V. T. Rol' simbioticheskoi azotfiksatsii v povyshenii fotosinteticheskoi produktivnosti soi = [The role of symbiotic nitrogen fixation in increasing the photosynthetic productivity of soybean]. *Doklady Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*. 2012;(5):16–18. (In Russ.).
7. Barzenkova G. A. Optimizatsiya tekhnologii predposevnogo protravlivaniya i vozmozhnosti ego sochetaniya s inokulyatsiei dlya zashchity soi ot semennoi infektsii = [Optimization of pre-sowing treatment technology and the possibility of combining it with inoculation to protect soybeans from seed infection]. *Legumes and groat crops*. 2014;(1):22–30. (In Russ.).
8. Bushneva N. A. Ehffektivnost' sovmestnogo primeneniya inokulyantov i fungitsidov pri obrabotke semyan soi = [The effectiveness of combined use of inoculants and fungicides when treating soybean seeds]. *Oil crops*. 2019;(4):119–123. DOI: 679.64:632.952:633.853.52. (In Russ.).
9. Kirichenko E., Pavlishche A. V., Omel'chuk S. V., Zhemoida A. V., Kots' S. Fiziologicheskie aspekty otveta soevo-rizobial'nogo simbioza na deistvie fungitsidov Standak Top i Fever = [Physiological aspects

of the response of soybean-rhizobia symbiosis to the action of fungicides Standac Top and Fever]. *Stiinta agricola*. 2020;(2):59–72. (In Russ.).

10. Chumanova N.N., Anokhina O.V., Samarov V.M. Otsenka vliyaniya gumata kaliya na rostovyye pokazateli i produkti

vnost' yachmenya i kartofelya v usloviyakh lesostepnoi zony Kemerovskoi oblasti = [Assessment of the influence of potassium humate on the growth performance and productivity of barley and potatoes in the forest-steppe zone of the Kemerovo region]. *Vestnik RAEN*. 2014;(16):105–110. (In Russ.).

11. Kasimova L.V., Proskurina L.D., Malyuga A.A. Vliyanie guminovogo preparata iz torfa Gumostim na urozhainost' i bolezni kartofelya = [The effect of humic preparation from peat Gumostim on potato yields and diseases]. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2012;(5):29–32. (In Russ.).

12. Deriglazova G.M. Sovremennye tendentsii vozdel'yvaniya soi v Rossii = [Current trends in soybean cultivation in Russia]. *Agricultural and Lifestock Technology*. 2022;5(3). DOI: 10.15838/alt.2022.5.3.1. (In Russ.).

13. Metodicheskie ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam fungitsidov v sel'skom khozyaistve = [Guidelines for registration testing of fungicides in agriculture]. Ed. by V.I. Dolzhenko. St. Petersburg; 2009. 378 s. (In Russ.).

14. Dospokhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) = [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. M: Agropromizdat; 1985. 351 s. (In Russ.).

15. Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii = [Classification and diagnostics of soils in Russia]. Smolensk: Oikumena; 2004. 342 s. (In Russ.).

16. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv = [Soil Chemical Analysis Guide]. Moscow: Moscow State Univ.; 1970. 487 s. (In Russ.).

17. Orlov D.S., Biryukova O.N., Rozanova M.S. Dopolnitel'nye pokazateli gumusnogo sostoyaniya pochv i ikh geneticheskikh gorizontov = [Additional indicators of the humus status of soils and their genetic horizons]. *Pochvovedenie*. 2004;(8):918–926. (In Russ.).

18. Oznobikhin V.I., Sinel'nikov Eh.P. Kharakteristika osnovnykh svoystv pochv Primor'ya i puti ikh ratsional'nogo ispol'zovaniya = [Characteristics of the main properties of soils in Primorye and ways of their rational use]. Ussuriisk: Primorskii sel'skokhozyaistvennyi institut; 1985. 72 s. (In Russ.).

19. Metody pochvennoi mikrobiologii i biokhimii = [Methods of soil microbiology and biochemistry]. Ed. by D.G. Zvyagintsev. Moscow: Moscow State Univ.; 1991. 304 s. (In Russ.).

20. Titova V.I., Kozlov A.V. Metody otsenki funktsionirovaniya mikrobootsenoza pochvy, uchastvuyushchego v transformatsii organicheskogo veshchestva = [Methods for assessing the functioning of soil microbial communities involved in the transformation of organic matter]. Nizhniy Novgorod: Nizhegorodskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya; 2012. S. 64. (In Russ.).

21. Stepan'ko A.A. Agrogeograficheskaya otsenka zemel'nykh resursov i ikh ispol'zovanie v raionakh Dal'nego Vostoka = [Agrogeographical assessment of land resources and their use in the Far East]. Vladivostok: Dal'nauka; 1992. 115 s. (In Russ.).

22. Purtova L.N., Kostenkov N.M. Soderzhanie organicheskogo ugleroda i energozapasy v pochvakh prirodnykh i agrogenykh landshaftov yuga Dal'nego Vostoka Rossii = [Organic carbon content and energy reserves in soils of natural and agrogenic landscapes in the south of the Russian Far East]. Vladivostok: Dal'nauka; 2009. 124 s. (In Russ.).

23. Golovina E.V., Grishchkin V.V. Vliyanie inokulyatsii i gumata kaliya na fiziologicheskie i biokhimicheskie pokazateli novykh sortov soi = [The influence of inoculation and potassium humate on the physiological and biochemical parameters of new soybean varieties]. *Legumes and groat crops*. 2015;(1):45–52. (In Russ.).