УДК 631.4+631.46+631.8 DOI: 10.25680/S19948603.2025.147.18

ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН СОИ ИНОКУЛЯНТАМИ И ФУНГИЦИДАМИ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ И ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

И.В. Киселева, к.б.н., Л.Н. Пуртова, д.б.н.,
Федеральный научный центр Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
Н.С. Кочева, ФГБНУ ФНЦ Агробиотехнологий Дальнего Востока им А.К. Чайки,
690022, Владивосток, Проспект 100-летия Владивостока, 159
692539, Приморский край, п. Тимирязевский, ул. Воложенина, 30

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 124012400285-7).

Представлены результаты исследования влияния предпосевной обработки семян сои препаратами Стандак Топ (фунгицид), Гумат калия (органическое удобрение) и Хайкоут Супер Соя (инокулянт), а также их комбинациями на биологическую активность почв, химические показатели и урожайность сои. Обработка семян способствовала увеличению каталазной активности, особенно при использовании микробиологических препаратов (штаммы B. elkanii, S. Fredii и B. japonicum). Установлено достоверное снижение численности аммонификаторов и амилолитиков в варианте инокулянта Хайкоут Супер Соя по сравнению с контрольным вариантом. Во всех вариантах опыта с предпосевной обработкой семян сои установлено снижение кислотности почв. Аналогичная тенденция наблюдалась и в опыте 2022 г. К концу вегетации обогащённость почв всеми группами микроорганизмов оценивалась как высокая. В составе микрофлоры преобладали амилолитические микроорганизмы, что свидетельствует о наличии доступного углерода и достаточного содержания азота в почве.

Все использованные в опытах препараты положительно повлияли на урожайность и качество семян сои. Максимальная урожайность в 2022 и 2023 г. достигнута при комплексной обработке семян сои препаратами Стандак Топ + Гумат калия + Хайкоут Супер Соя, а также при сочетании Гумат калия + Хайкоут Супер Соя. Выявлено, что эффективность применения инокулянтов и фунгицидных протравителей повышается при их совместном использовании с гуматом калия.

Ключевые слова: предпосевная обработка, фунгициды, инокулянты, гумат калия, каталазная активность, микрофлора, урожайность.

Для цитирования: *Киселева И.В., Пуртова Л.Н., Кочева Н.С.* Влияние предпосевной обработки семян сои инокулянтами и фунгицидами на биологическую активность и химические показатели почв в Приморском крае// Плодородие. – 2025. – №6. – С. 92-96. DOI: 10.25680/S19948603.2025.147.18.

Соя занимает одно из ключевых мест в мировом сельском хозяйстве, являясь важной культурой для производства растительного белка и масла. На долю нашей страны приходится около 1,5% мирового объема выращивания сои [17], при этом 30% всего урожая в России сосредоточено в Дальневосточном федеральном округе. Одной из главных задач агропроизводства является увеличение урожайности с единицы площади, однако при выращивании сои часто возникают проблемы, связанные с поражением культуры различными болезнями. Это приводит к ухудшению качества семян (снижению всхожести, энергии прорастания и жизнеспособности) и значительному снижению урожайности.

В связи с этим защита растений от патогенов рассматривается как важнейшее условие повышения урожайности и качества сои. Один из эффективных методов борьбы с семенной и почвенной инфекцией – протравливание семян.

Не менее важным агротехническим приемом при выращивании сои является инокуляция семян, направленная на обеспечение сбалансированного питания культуры. Благодаря способности бобовых культур фиксировать атмосферный азот с помощью клубеньковых бактерий, растения получают дополнительное питание в доступной форме. Применение инокулянтов, содержащих живые культуры микроорганизмов, способствует образованию клубеньков на корнях сои, что повышает урожайность и содержание белка в семенах.

Однако при обработке семян различными инокулянтами и протравителями часть препаратов может попадать в почву, что требует изучения их влияния на основные химические показатели почвы и её биологическую активность, которая играет важную роль в поддержании почвенного плодородия.

Широкое исследование, охватившее 396 научных работ по всему миру, показывает, что биологическая обработка семян значительно улучшает их всхожесть, биомассу растений, способствует контролю заболеваний и повышает урожайность по сравнению с необработанными семенами [19]. Однако вопросы комплексного воздействия инокулянтов и протравителей семян на почвенные процессы недостаточно изучены.

Исследование, проведенное на основе анализа 108 научных работ [21], показало, что в 86% случаев инокулянты вызывали изменения в микробных сообществах почвы, как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. Однако в каждом исследовании применяли различные методы инокуляции (внесение в почву, прямое введение, обработка семян). Кроме того, наблюдаемые воздействия во многом зависят от методов,

используемых для исследования динамики микробных сообществ почвы [22]. Ряд исследований указывает на способность микробных инокулянтов влиять на активность почвенных ферментов [11,18].

Что касается протравителей семян, их воздействие на почвенную микрофлору и активность ферментов может быть как стимулирующим, так и подавляющим [12]. Однако в некоторых работах не выявлено существенного воздействия протравителей на химические и биологические свойства почвы, включая содержание общего углерода, азота, уровень pH, активность ферментов, разложение подстилки, базальное дыхание и микробную биомассу. При этом обработка семян пестицидами повлияла на предпочитаемый микробами субстрат и изменила относительное обилие различных таксонов грибов [20]. Это указывает на необходимость дальнейших исследований для более глубокого понимания механизмов взаимодействия протравителей и инокулянтов с почвенными процессами, что поможет оптимизировать предпосевную обработку семян сои с учетом её влияния на почвенную экосистему.

Цель исследования – оценить влияние предпосевной обработки семян сои фунгицидами и инокулянтами на биологическую активность и химические показатели почв.

Методика. Опыт заложен в 2023 г. на агротемногумусовом подбеле с посевом сои сорта Бриз в трехкратной повторности. Закладка опыта осуществлялась в соответствии с методикой [3] на пашне стационарного опыта ФНЦ Агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки (п. Тимирязевский, Уссурийского района Приморского края).

Пахотный слой почвы перед закладкой опыта характеризовался следующими усредненными показателями: $pH_{сол.}$ 5,3, содержание гумуса – 2,15%, P_2O_5 – 63 мг/кг, K_2O – 98, N л.г. – 96 мг/кг.

Погодные условия вегетационного периода 2023 г. характеризовались обильными осадками, что привело к избыточной влажности. Гидротермический коэффициент (ГТК) составил 2,9. В июне, июле и августе выпало 195, 148 и 462 мм осадков соответственно, что составило 263, 131 и 369% от среднемноголетней нормы [9]. Температура воздуха на протяжении всего вегетационного периода превышала норму среднемесячной температуры (табл. 1)

1. Метеорологические условия в безморозный период 2023 г.

Показатель		Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Температура воздуха, °С	Среднее за месяц	7,1	13,9	18,6	22,5	22,5	18,1	9,3
	Норма среднемесячной температуры	6,4	12,3	16,7	20,6	21,1	15,8	7,8
Осадки, мм	Общее за месяц	53,0	24,0	195,0	148,0	462,0	6,0	7,0
	Норма суммы осадков	35,0	71,0	74,0	113,0	125,0	79,0	61,0

Норма высева составила 500 тыс. всхожих семян на 1 га. Площадь учетной делянки 50 м². Опыт проводили в трехкратной повторности.

Предпосевную обработку семян сои осуществляли следующими препаратами:

1. Стандак Топ – комбинированный фунгицидный протравитель, который содержит несколько активных веществ для широкого спектра действия. Препарат создает защитный барьер вокруг семян, предотвращая заражение грибными и бактериальными инфекциями на ранних стадиях развития растения. Оказывает стимулирующее действие на прорастание семян, хорошо совместим с инокулянтами. Применялся в дозе 1,5 л/т.

2. Хайкоут супер соя – инокулянт, содержащий штаммы клубеньковых бактерий *Bradyrhizobium japonicum.* Способствует улучшению азотного питания сои за счет симбиотической фиксации азота. Благодаря улучшенному азотному питанию повышаются урожайность и качество получаемой продукции. Применяли в дозе 2,84 л/т.

3. ВУ-5 – штамм *Bradyrhizobium elkanii* (вид медленнорастущих клубеньковых азотфиксирующих бактерий).

4. ТВ-467 – штамм *Sinorhizobium fredii* (вид быстрорастущих клубеньковых азотфиксирующих бактерий).

5. Гумат калия – органическое удобрение, которое получают из гуминовых веществ, содержащихся в почве, торфе, буром угле или сапропеле. Гумат калия активизирует деятельность микроорганизмов в почве, ускоряет прорастание семян и улучшает развитие корневой системы, а также повышает устойчивость растений к стрессам. Гуматы являются экологически чистыми веществами, которые не накапливаются в растениях и безвредны для человека. Препарат применяли в дозе 1 л/т.

Схема опыта включала 9 вариантов обработки семян и вариант без обработки: 1. Контроль (без обработки); 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; 9. Ву-5; 10. ТВ-467.

Каталазную активность почв определяли газометрическим методом [6]. Численность микроорганизмов различных эколого-трофических групп оценивали методом посева почвенной суспензии на агаризованные питательные среды различного состава: мясопептонный агар (МПА), крахмало-аммиачный агар (КАА), среда Эшби, среда Чапека [13]. Результаты выражали в колониеобразующих единицах (КОЕ) на 1 г образца. Кислотность почв ($pH_{вод.}$, $pH_{сол.}$) измерялась с использованием pH-метра Mettler Toledo S220-Kit (Швейцария). Содержание гумуса определяли по методу Тюрина [1]. При оценке содержания гумуса использовали оценочные градации [7].

Статистическая обработка данных выполнена с использованием программ Microsoft Office Excel 2013 и Statistica 13. В таблицах представлены средние статистические показатели.

Результаты и их обсуждение. Для оценки экологического состояния и качества почв широко используют методы биологической диагностики. Микробное разнообразие и биохимические показатели являются важными индикаторами состояния почвы, поскольку отражают различные аспекты процессов разложения органических веществ и поддержания устойчивого функционирования почвенных экосистем. Одним из объективных показателей биологической активности почвы является ферментативная активность. Особое внимание уделяют

ферменту каталазе, который относится к классу оксидоредуктаз и служит индикатором общей микробиологической активности почвы, так как вырабатывается многими микроорганизмами для нейтрализации перекиси водорода [15].

В исследуемой почве контрольного варианта каталазная активность составила 1,3 см³ O_2/(г почвы/мин). Во всех вариантах опыта с предпосевной обработкой семян сои наблюдалась общая тенденция к увеличению каталазной активности по сравнению с контролем (табл. 2).

2. Физико-химическая характеристика почв в вариантах опыта с предпосевной обработкой семян сои

Вариант	$pH_{вод.}$	$pH_{сол.}$	Содержание гумуса, %	Ка, см³ O_2/(г почвы/мин)
1. Контроль (б/о)	6,02±0,13	4,87±0,09	2,33±0,12	1,3±0,1
2. Стандак Топ	6,50±0,09	5,32±0,08	2,67±0,10	1,6±0,1
3. Стандак Топ + Хайкоут супер Соя	6,58±0,08	5,16±0,1	2,47±0,14	1,7±0,1
4. Гумат калия	6,64±0,06	5,10±0,1	2,67±0,17	1,7±0,0
5. Гумат калия + Хайкоут Супер Соя	6,62±0,04	5,15±0,04	2,33±0,14	1,5±0,1
6. Стандак Топ + Гумат калия	6,31±0,03	5,02±0,02	2,38±0,13	1,7±0,1
7. Стандак Топ+ Гумат калия + Хайкоут Супер Соя	6,45±0,05	5,15±0,04	2,13±0,05	1,9±0,1
8. Хайкоут Супер Соя	6,41±0,06	5,10±0,08	2,13±0,1	2,1±0,0
9. ВУ-5 – медленнорастущие бактерии	6,53±0,06	5,23±0,05	2,47±0,14	2,4±0,1
10. ТБ-467 – быстрорастущие бактерии	6,41±0,09	5,23±0,03	2,38±0,13	2,8±0,2

Примечание. Ка – каталазная активность почв.

Аналогичная закономерность отмечена и в опыте 2022 г. [10]. Отмечены достоверные различия между каталазной активностью в почве контрольного варианта и в вариантах 8-10, где семена сои обрабатывали штаммами клубеньковых бактерий *Bradyrhizobium elkanii* и *Sinorhizobium fredii*, а также препаратом Хайкоут Супер Соя, содержащим штаммы *Bradyrhizobium japonicum*. Таким образом, обработка семян сои бактериальными препаратами способствовала росту активности каталазы. Повышение каталазной активности при использовании инокулянтов отмечалось и в других работах [16].

Несмотря на увеличение каталазной активности, её значения во всех вариантах опыта не превышали 3 см³ O_2/(г почвы/мин), что характеризует её как низкую. Это может быть связано с недостатком органического вещества в почве, включая его специфическую часть – гумус. Органическое вещество, особенно гумус, является одним из основных факторов, регулирующих каталазную активность в почве. Высокогумусированные почвы, как правило, обладают более высокой ферментативной активностью [14]. Результаты исследований, проведённых годом ранее на почве с более высоким содержанием гумуса (3,23-5,15%), показали и более высокую каталазную активность – от 2,7 до 5,3 см³ O_2/(г почвы/мин) [10].

К концу вегетационного периода содержание гумуса в почве в разных вариантах опыта в 2023 г. составило 2,13-2,67% (см. табл. 2). Для большинства вариантов, в т.ч. и для контрольного, отмечено некоторое увеличение содержания гумуса по сравнению с данными, полученными до закладки опыта (2,15%). Это может быть связано как с сезонной динамикой лабильной (легкоразлагаемой) фракции гумусовых веществ в почве, возрастающей в период активной вегетации и после уборки урожая, так и с естественной пространственной неоднородностью поля по содержанию органического вещества. Для более точных выводов о реальной динамике гумуса, необходимы многолетние наблюдения.

В рамках каждого полевого опыта была отмечена обратная корреляционная зависимость между каталазной активностью и содержанием гумуса. В 2022 г. в восьми вариантах опыта выявлена сильная отрицательная связь (-0,86), тогда как в 2023 г. в тех же вариантах наблюдалась умеренная отрицательная корреляция (-0,31). Это может указывать на возможное усиление активности микрофлоры, участвующей в процессах минерализации гумусовых веществ, под воздействием препаратов, применяемых для предпосевной обработки семян сои. Однако при расчёте корреляции между содержанием гумуса и каталазной активностью, с учётом вариантов 9 и 10, зависимость оказалась крайне слабой (-0,12). Вероятно, сказывается влияние разных штаммов микроорганизмов на оксидоредуктазную активность. Это свидетельствует о необходимости дальнейших исследований для подтверждения или опровержения данного предположения.

Следует отметить, что некоторые исследователи не выявили связи между активностью каталазы и содержанием органического вещества в почвах, однако ими была отмечена зависимость активности фермента от воздушного режима и влажности почв [2]. В 2023 г. количество осадков в октябре составило всего 7 мм, что на 47 мм меньше, чем в 2022 г. Соответственно, влажность исследуемых почв также различалась: в 2022 г. она варьировалась от 28,6 до 33,7%, а в 2023 г. – от 20 до 23,6%. Эти различия в условиях окружающей среды могли повлиять на активность микроорганизмов и, как следствие, на каталазную активность.

Полученные данные по микрофлоре почв свидетельствуют о доминировании в ее составе микроорганизмов, участвующих в разложения безазотистого органического вещества, что подтверждается повышенными значениями коэффициента Мишустина (1,6-3,9). В конце вегетационного периода в почву поступают растительные остатки, основным компонентом которых являются углеводы. В процессе их разложения амилолитические микроорганизмы потребляют доступные формы азота из почвы. Таким образом, высокая активность амилолитиков указывает не только на наличие доступного углерода, но и на достаточное содержание азота в почве (рис.). Бобовые культуры, такие как соя, характеризуются низким соотношением C:N в растительных остатках, что способствует развитию и аммонифицирующей микрофлоры. Обогащённость почвы аммонифицирующими микроорганизмами во всех вариантах опыта оценивается как достаточно высокая [4].

Кроме того, отмечена высокая доля микроорганизмов, относящихся к группе олигонитрофилов, которые играют ключевую роль в утилизации органического вещества на конечных стадиях его преобразования и способны к несимбиотической азотфиксации. По сравнению с первым годом проведения опыта по обработке семян сои различными препаратами (2022 г.), наблюдалось значительное увеличение численности микроорганизмов, использующих минеральные формы азота. Это способствовало повышению общей биогенности почвы и увеличению коэффициента Мишустина.

Исследования выявили увеличение численности аммонифицирующих микроорганизмов при обработке семян комбинацией препаратов Стандак Топ + Гумат калия и штаммами медленнорастущих клубеньковых бактерий (Ву-5). Снижение количества аммонификаторов наблюдалось при использовании инокулянта Хайкоут Супер Соя и штаммов ТВ-467.

В вариантах с обработкой семян препаратами Стандак Топ + Гумат калия, Стандак Топ + Гумат калия + Хайкоут Супер и штаммами ТВ-467 численность микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (среда КАА), возрастала. Снижение численности этой группы микроорганизмов отмечалось в вариантах с обработкой препаратами Стандак Топ + Хайкоут Супер Соя, Гумат калия, Гумат калия + Хайкоут Супер, Хайкоут Супер Соя. Наиболее существенное снижение олигонитрофиллов, по сравнению с контролем, отмечено в вариантах Гумат калия + Хайкоут Супер Соя, Стандак Топ + Гумат калия, Хайкоут Супер Соя, Ву-5.

С учетом данных 2022 г. [10], только обработка инокулянтом Хайкоут Супер Соя приводила к статистически достоверному снижению численности аммонификаторов и амилолитиков (U-критерий Манна-Уитни) по сравнению с контрольным вариантом.

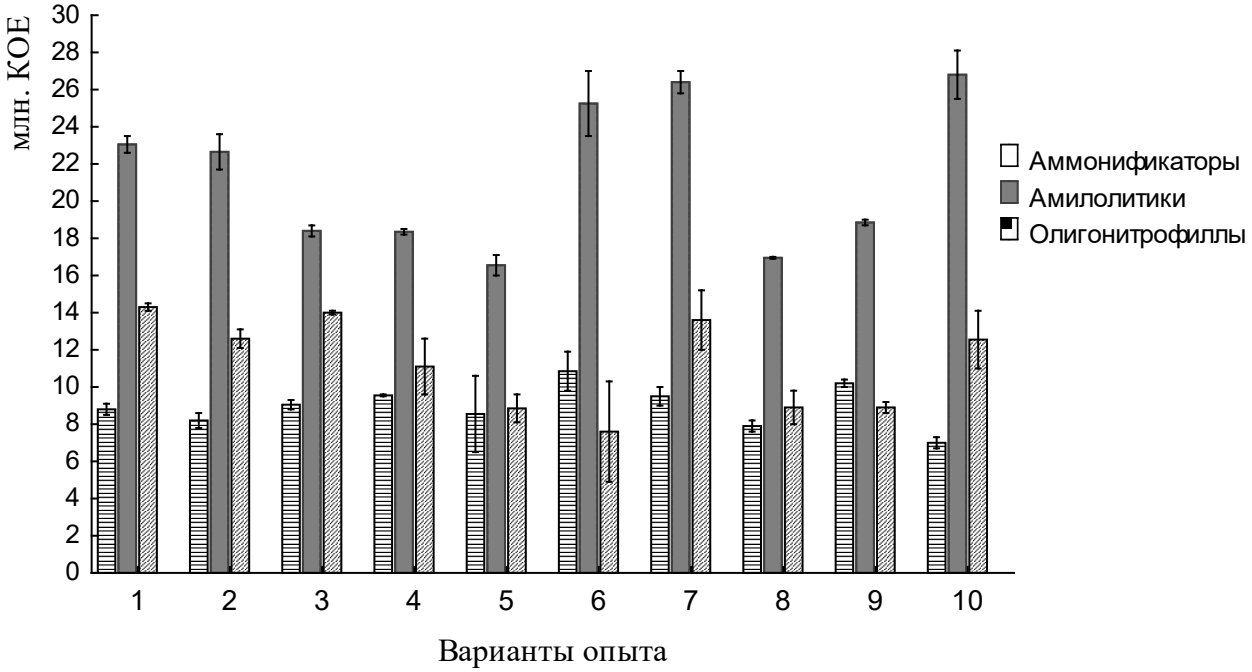


Рис. Численность основных групп микроорганизмов (млн КОЕ) в вариантах опыта с предпосевной обработкой семян сои: 1. Контроль; 2. Стандак Топ; 3. Стандак Топ + Хайкоут Супер Соя; 4. Гумат калия; 5. Гумат калия + Хайкоут Супер Соя; 6. Стандак Топ + Гумат калия; 7. Стандак Топ + Гумат калия + Хайкоут Супер Соя; 8. Хайкоут Супер Соя; 9. Ву-5; 10. ТВ-467.

Почвы во всех исследованных вариантах опыта характеризовались нейтральной реакцией среды (pH 6,02–6,64). В вариантах с обработкой семян сои отмечено увеличение актуальной кислотности по сравнению с контролем, что свидетельствует о снижении кислотности почвы. Наиболее значительные изменения зафиксированы в вариантах с обработкой семян Гуматом калия (+0,62), Гуматом калия в сочетании с Хайкоут Супер Соя (+0,60), а также Стандак Топ + Хайкоут Супер Соя (+0,56). Аналогичная тенденция наблюдалась и в 2022 г., когда также отмечалось увеличение показателей pH во всех вариантах с обработкой семян. Кроме того, обработка семян способствовала увеличению и параметров обменной кислотности. По показателям pH солевой вытяжки реакция среды характеризуется как слабокислая. Это свидетельствует о низкой нуждаемости почв в известковании, за исключением контрольного варианта, где pH солевой вытяжки был ниже 5 (см. табл. 2). Можно предположить, что используемые препараты оказывают влияние на кислотно-основные показатели почвы, способствуя снижению кислотности.

Исследованиями [5, 8, 10] выявлено, что все используемые в опытах препараты положительно влияли на урожайность и качество семян сои. Максимальная урожайность в 2022 и 2023 г. получена при комплексной обработке семян сои препаратами Стандак Топ + Гумат калия + Хайкоут Супер Соя, а также при сочетании: Гумат калия + Хайкоут Супер Соя. Следует отметить, что сравнительно высокий урожай получен и при предпосевной обработке семян сои только Гуматом калия. Наибольшее количество клубеньков зафиксировано в варианте с совместной обработкой семян препаратами Гумат калия и Хайкоут Супер Соя [5]. Таким образом, результаты исследований подтверждают эффективность применения данных препаратов для повышения урожайности и улучшения качества семян сои.

Выводы. 1. Предпосевная обработка семян сои препаратами Стандак Топ, Гумат калия, Хайкоут Супер Соя, Ву-5, ТВ-467, а также их сочетаниями, благоприятно воздействует на кислотно-основные показатели почвы, способствуя уменьшению её кислотности. Это имеет особое значение для кислых почв Приморского края, так как способствует улучшению их агрохимических характеристик и созданию более оптимальных условий для развития растений.

2. Обогащённость почв всеми группами микроорганизмов оценивается как высокая во всех вариантах опыта. В микробном сообществе преобладают амилолитические микроорганизмы, что свидетельствует о высокой биологической активности почвы и начале процессов разложения органического вещества. Установлено достоверное снижение численности аммонификаторов и

амилолитиков в варианте Хайкоут Супер Соя по сравнению с контрольным вариантом.

3. Обработка семян микробиологическими препаратами способствовала росту активности каталазы. Однако её значения оставались низкими, что связано с недостатком органического вещества в почве. Действующее вещество фунгицидного препарата в конце вегетации не оказывало заметного отрицательного влияния на биологические процессы.

Литература

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
2. *Даденко Е.В., Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И.* Оценка применимости ферментативной активности в биодиагностике и мониторинге почв // Поволжский экологический журнал. – 2013. – № 4. – С. 385–393.
3. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. *Звягинцев Д.Г.* Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48--54.
5. *Кочева Н. С., Кульдяева Е. Е., Панюта Н. С., Теличко О. Н.* Эффективность применения предпосевной обработки семян сои в условиях Приморского края // Аграрная Россия. – 2024. – № 12. – С. 12–16. DOI 10.30906/1999-5636-2024-12-12-16.
6. *Методы* почвенной микробиологии и биохимии // Под ред. Д.Г. Звягинцева. – М: МГУ, 1991. – 304 с.
7. *Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С.* Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. – 2004. – № 8. – С. 918-926.
8. *Панюта Н.С., Кульдяева Е.Е., Кочева Н. С.* Влияние совместного применения средств защиты растений и инокулянтов на урожайность и качество семян сои сорта Бриз в первичных звеньях семеноводства // Агронаука. – 2023. – Т. 1, № 4. – С. 51–61. DOI 10.24412/2949-2211-1-4-51-61.
9. *Погода* в Тимирязевском [Электронный ресурс]. URL: http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=31961&month=5&year=2023 (Дата обращения 04.03.2025).
10. *Пуртова Л. Н., Киселева И. В., Кочев Н. С., Русакова Д.А., Емельянов А.Н.* Влияние комплексной предпосевной обработки семян сои в Приморском крае на урожайность, микрофлору почв и процессы гумусонакопления // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2024. – № 2. – С. 159-169. DOI 10.31857/S0869769824020149.
11. *Семенова Е.А., Николаев С.В.* Влияние предпосевной обработки семян сои на активность ферментов в почве // Современные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии: сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной памяти почвоведа-агрохимика кандидата сельскохозяйственных наук, доцента Валентины Федоровны Прокопчук, Благовещенск, 23–24 октября 2019 года. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2019. – С. 115–122. EDN HMGEYX.
12. *Семенова, Е. А.* Влияние предпосевной обработки семян сои фунгицидами на ферментативную активность почвы // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: Материалы всероссийской научно-практической конференции. В 2 частях, Благовещенск, 21 апреля 2021 года / Отв. редактор А. А. Муратов. Т. Ч. I. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2021. – С. 116–122.
13. *Титова В.И., Козлов А.В.* Методы оценки функционирования микробоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества. – Нижний Новгород: Нижегородская СХА, 2012. – 64 с.
14. *Улигова Т.С.* Ферментативная активность различных типов почв степной зоны в условиях Центрального Кавказа // Новые технологии. – 2009. – № 2. – С. 1–5.
15. *Хазиев, Ф. Х.* Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев. – М.: Наука, 2005. – 252 с.
16. *Шорабаев Е. Ж., Сарсенова А. С., Чуркина Г. Н., Саданов А. К.* Изучение влияния инокулянта на основе активного штамма клубеньковых бактерий Rhizobium leguminosarum Zg на биологическую активность почв // Научно-агрономический журнал. – 2011. – №1.
17. *Foreign* Agricultural Service U.S. Department of Agriculture (USDA). URL: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery (Дата обращения 17.03.2025).
18. *He S, Zhang Y, Yang X, Li Q, Li C, Yao T.* Effects of Microbial Inoculants Combined with Chemical Fertilizer on Growth and Soil Nutrient Dynamics of Timothy (Phleum pretense L.) // Agronomy. 2024; 14(5):1016. DOI: 10.3390/agronomy14051016.
19. *Jay Ram Lamichhane, David Corrales, Elias Soltani.* Biological seed treatments promote crop establishment and yield: a global meta-analysis. Agronomy for Sustainable Development, 2022, 42 (3). DOI: 10.1007/s13593-022-00761-z.
20. *Jessica E. Mackay, Lukas T. Bernhardt, Richard G.* Smith, Jessica Gilman Ernakovich. Tillage and pesticide seed treatments have distinct effects on soil microbial diversity and function // Soil Biology and Biochemistry. 2023. Vol. 176, 108860. DOI: 10.1016/j.soilbio.2022.108860.
21. *Mawarda, P. C., Le Roux, X., van Elsas, J. D., & Salles, J. F.* Deliberate introduction of invisible invaders: A critical appraisal of the impact of microbial inoculants on soil microbial communities. Soil Biology and Biochemistry, 2020, 148, Article 107874. DOI: 10.1016/j.soilbio.2020.107874.
22. *Trabelsi Darine, Mhamdi Ridha.* Microbial Inoculants and Their Impact on Soil Microbial Communities: A Review // BioMed Research International. 2013, 863240. 11 p. DOI: 10.1155/2013/863240.

THE EFFECT OF PRE-SOWING TREATMENT OF SOYBEAN SEEDS WITH INOCULANTS AND FUNGICIDES ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY AND CHEMICAL PARAMETERS OF SOILS IN PRIMORSKY KRAI

I.V. Kiseleva[1], L.N. Purtova[1], N.S. Kocheva[2]

[1.] Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far East Branch, Russian Academy of Sciences, 690022, Vladivostok, Prospekt 100-letija Vladivostoka, 159, Kiseleva-iv@inbox.ru, tel. 89644414471

[2.] Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika, 692539, Primorsky krai, Timiryazevsky village, Volozhenina street, 30

The results of a study on the effects of pre-sowing treatment of soybean seeds with the preparations "Standakt Top" (fungicide), "Potassium Humate" (organic fertilizer), and "Highcoat Super Soy" (inoculant), as well as their combinations, on soil biological activity, chemical indicators, and soybean yield are presented.

The study revealed that seed treatment enhanced catalase activity, especially with the application of microbial inoculants containing B. elkanii, S. fredii, and B. japonicum strains. A statistically significant decrease in the number of ammonifiers and amylolytic microorganisms was observed in the «Highcoat Super Soy» treatment compared to the control.

In all experimental variants with pre-sowing seed treatment, a decrease in soil acidity was observed. A similar trend was noted in the 2022 experiment. By the end of the growing season, the enrichment of soils with all groups of microorganisms was assessed as high. Amylolytic microorganisms predominated in the microflora composition, indicating the presence of available carbon and sufficient nitrogen content in the soil.

All preparations used in the experiments positively influenced soybean yield and seed quality. The highest yields in 2022 and 2023 were achieved with the combined treatment of soybean seeds with "Standakt Top" + "Potassium Humate" + "Highcoat Super Soy", as well as with the combination "Potassium Humate" + "Highcoat Super Soy". It was revealed that the effectiveness of inoculants and fungicidal seed treatments increases when used in combination with potassium humate.