

(16,9%) получено при применении комплекса АМ + МЭ в дозе 3,0 л/га. По отношению к контрольному варианту снижение показателя равно 0,5 %. В 2019 г. содержание сырой клейковины в зерне составило 22,6-24,7%. Наибольшую прибавку по содержанию сырой клейковины показали варианты с применением Фон NPK+ комплекс АМ + МЭ в дозе 3 л/га и Фон NPK + комплекс АМ в дозе 1,0 л/га – 9,3 % в сравнении с контролем.

Такая же тенденция установлена и в опытах с удобрениями на основе аминокислот, проводимых в рамках государственных регистрационных испытаний в различных агроклиматических зонах Российской Федерации.

В условиях Курганской области некорневые подкормки посевов пшеницы яровой сорта Арка удобрением Аминотал марки: Зерновой способствовали повышению урожая зерна на 3,7-5,4%, при урожайности на контроле 40,8 ц/га. В Нижегородской области удобрение Паверфол Амино Старт, КС на пшенице озимой сорта Московская 39 повысило урожайность зерна на 5,9-7%, при урожайности на контроле 27,2 ц/га. Прибавка урожая зерна пшеницы яровой сорта МиС (Владимирская обл.), под воздействием удобрения Мегафол-Протеин составила 10-17%, при урожайности на контроле 19,0 ц/га.

Заключение. В условиях Нижегородской области все исследованные комплексы оказали положительное

влияние на продуктивность растений озимой пшеницы и качество выращенной продукции. Максимальная продуктивность получена при применении удобрений, содержащих хелатные формы микроэлементов и комплекс аминокислот с микроэлементами, которые способствовали существенному увеличению массы 1000 зёрен – на 2,8-3,4 г (6,3-7,6%). В 2018 г. максимальная прибавка урожая была в варианте комплекс АМ + МЭ, 1,5 л/га и составила 4,6 ц/га, что на 17,8 % выше контрольного варианта (25,9 ц/га). В 2019 г. наибольшая прибавка отмечена при применении двойной дозы комплекса аминокислот с микроэлементами. Урожайность составила 39,4 ц/га, что на 2,1 ц/га (5,6 %) выше контрольного варианта.

Полученные результаты можно использовать в дальнейшем для включения в технологии выращивания сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Котиков М.В., Богомаз М.А., Ториков В.Е. Урожайность сортов картофеля при применении водорастворимых удобрений Тетрафлекс // Проблемы агрохимии и экологии. – 2011. – № 2. – С. 58-60.
2. О механизме действия хелатных форм микроудобрений на клетки яровой пшеницы при некорневой обработке/В.М. Пахомова, Е.К. Бунтукова, И.А. Гайсин и др.//Вестник РАСХН. – 2005. – №3. – С.26-28.
3. Аминокислоты для подкормки урожая. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.agroperspectiva.com.ua/ru/aminokisloty-dlja-podkormki-urozhaja/>
4. Кошкин, Е.И., Хусейнов Г.Г. Экологическая физиология сельскохозяйственных культур. Уч. пос. – М.: РГ-Пресс, 2020.

EFFICIENCY OF APPLICATION OF FERTILIZERS BASED ON COMPLEXES OF CHELATES OF MICROELEMENTS AND AMINO ACIDS ON WINTER WHEAT UNDER THE CONDITIONS OF NIZHNY NOVGOROD REGION

M.T. Mukhina, I.P. Mozharova, A.A. Korshunov

Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127434 Moscow, Russia, e-mail: elgen@mail.ru

The results of research on the use of 3 complexes: chelates of trace elements, trace elements with amino acids and amino acids in the technology of winter wheat cultivation in the Nizhny Novgorod region for 2018-2019 are presented. It is shown that the maximum productivity indicators were obtained when using fertilizers containing chelated forms of trace elements and a complex of amino acids with trace elements, which contributed to a significant increase in the mass of 1000 grains by 2.8-3.4 g (6.3-7.6%). It is established that in 2018 the maximum yield increase was obtained with the application of a complex of trace elements with amino acids in the dose of 1.5 l/ha, which is 17.8% higher than the control group (25.9 kg/ha), and in 2019 the best results were obtained by applying a double-dose of complex chelated micronutrients, 2.0 t/ha (5.4 percent) above the control group (3.73 t/ha).

Keywords: complex of microelements with amino acids, complex of chelates of microelements, winter wheat, fertilizers, productivity, yield structure, grain quality.

УДК 539-022.532:633/635:631.46

УДОБРЕНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ: ВЛИЯНИЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ ГРЕЧИХИ И МИКРОБИОЦЕНОЗ РАЗНЫХ ТИПОВ ПОЧВ

Т.Ю. Мотина¹, к.б.н., И.А. Дегтярева^{1,2}, д.б.н.,

¹Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения – обособленное структурное подразделение ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук»

Россия, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, д. 20а, E-mail: niiaxp2@mail.ru

²Казанский национальный исследовательский технологический университет

Россия, 420015, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68

*Проведен сравнительный анализ развития гречихи в условиях вегетационных опытов на серой лесной почве и выщелоченном черноземе. Подтвержден положительный эффект применения комплексных удобрений нового поколения на основе консорциума микроорганизмов (*Azotobacter chroococcum*, *Pseudomonas brassicacearum*, *Sphingobacterium multivorum*, *Achromobacter xylosoxidans*) и минералов в нативном и наноструктурном виде. Плотность бактериальной суспензии $2,0 \cdot 10^9$ – $8,0 \cdot 10^9$ КОЕ/см³. Нативные агроминералы (глауконит, фосфорит, цеолит) применены в дозе 1,0 т/га, их наноструктурные аналоги (наноструктурные водно-глауконитная, фосфо-*

ритная, цеолитная суспензии) – в дозе 0,1 т/га. Установлено, что применение созданных удобрений на основе автохтонных азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих бактерий и агроминералов достоверно приводит к росту урожайности гречихи и увеличению биологической активности почвы. Среди созданных комплексных удобрений самыми эффективными добавками к консорциуму микроорганизмов являются наноструктурные водно-фосфоритная и цеолитная суспензии.

Ключевые слова: биоудобрение, микроорганизмы, гречиха, урожайность, микробиоценоз, типы почвы, черно-серая лесная почва.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.117.05

Вегетационный метод позволяет оценивать эффективность применяемых удобрений и другие агротехнические приемы [10, 12-14], контролировать и повышать продуктивность растений, а в случае сельскохозяйственных культур – их урожайность [1, 3, 6]. Для пролонгирования активности микроорганизмов, являющихся основой биоудобрений, целесообразно использовать носители различной природы [2, 8 и др.]. Так, агроминералы обладают биоактивными свойствами, способны оказывать регулирующее влияние на интенсивность обменных процессов, усиливать функциональную активность микроорганизмов, растений и животных, повышать уровень их естественной резистентности к неблагоприятным факторам окружающей среды [7]. Установлено, что природные ремедианты (цеолит, фосфорит, диатомит и др.) способствуют улучшению ростовых процессов растений за счет увеличения массы и размера листьев, длины корней [9]. Особый интерес представляют наноструктурные агроминералы, применение которых находит широкое распространение в различных отраслях. Один из возможных этапов состоит в использовании наноминералов в качестве добавок к биопрепаратам. В нескольких работах представлены данные об отсутствии ДНК-повреждающих свойств у нанобентонита и нанофосфорита [4, 5].

Цель исследований – оценить действие комплексных удобрений, созданных на основе эффективного консорциума микроорганизмов и биобезопасных агроминералов, на урожайность гречихи и ее микробиоценоз.

Методика. Семенной материал обрабатывали в течение 1 ч удобрениями нового поколения, которые созданы на основе нативных агроминералов (глауконит, фосфорит, цеолит) в дозе 1,0 т/га и их наноструктурных аналогов (наноструктурные водно-глауконитная, фосфоритная, цеолитная суспензии) в дозе 0,1 т/га, добавленных к консорциуму diaзотрофных (*Azotobacter chroococcum*, *Pseudomonas brassicacearum*) и фосфатмобилизирующих (*Sphingobacterium multivorum*, *Achromobacter xylosoxidans*) микроорганизмов, плотность бактериальной суспензии $2,0 \cdot 10^9$ – $8,0 \cdot 10^9$ КОЕ/см³.

Влияние комплексных удобрений на урожайность и микробиоценоз гречихи изучали в вегетационных опытах в 2018 и 2019 гг. по следующей схеме: 1 – контроль, без растений, 2 – контроль, без удобрений, 3 – консорциум микроорганизмов (КМ), 4 – фосфорит, 5 – наноструктурная водно-фосфоритная суспензия (НВФС), 6 – удобрение 1 (КМ + фосфорит), 7 – удобрение 2 (КМ + НВФС), 8 – цеолит, 9 – наноструктурная водно-цеолитная суспензия (НВЦС), 10 – удобрение 3 (КМ + цеолит), 11 – удобрение 4 (КМ + НВЦС). В 2018 г. изучали также 4 дополнительных варианта с глауконитом и наноструктурной водно-глауконитной суспензией (НВГС): глауконит; наноструктурная водно-глауконитная суспензия (НВГС); удобрение 5 (КМ + глауконит); удобрение 6 (КМ + НВГС). В 2018 г. иссле-

дования проводили с гречихой сорта Бахетле на серой лесной среднесуглинистой почве со следующей характеристикой: гумус – 2,6%; рН_{сол.} 5,9; сумма поглощенных оснований (S_{по}) – 19,3 мг-экв/100 г; N_{щел.} – 100,2 мг/кг; P₂O₅ – 122,0 мг/кг; в 2019 г. с гречихой сорта Яшьлек – на выщелоченном черноземе: гумус – 5,8%; рН_{сол.} 6,0; S_{по} – 40,8 мг-экв/100 г; N_{щел.} – 184,8 мг/кг; P₂O₅ – 119,0 мг/кг.

Почвенные образцы из ризосферы гречихи, в которых определяли численность аммонифицирующих, азотфиксирующих, фосфатмобилизирующих микроорганизмов, микромицетов [11], базальное дыхание и суммарную микробную биомассу [15], отбирали в фазы ветвления, цветения и плодообразования. В фазе плодообразования учитывали урожайность гречихи по массе зерен. Все параметры измеряли в трехкратной повторности, а статистическую обработку результатов осуществляли с помощью электронных таблиц Excel и программы Origin 4.1. Достоверность различий полученных результатов оценивали с использованием коэффициента Стьюдента. Различия численности микроорганизмов между опытными и контрольными вариантами достоверны при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Проведено сравнение развития растений гречихи на разных типах почв: серой лесной (2018 г.) и выщелоченном черноземе (2019 г.). Выбор этой культуры обусловлен ее скороспелостью, что позволяет в течение вегетационного периода изучить прямое действие применяемых препаратов. В схему опыта 2019 г. варианты с глауконитом и НВГС не включены ввиду сопоставимо меньших полученных в предыдущем году показателей.

Применение комплексных удобрений на обоих типах почв подтвердило их положительный эффект (табл. 1). На черноземе максимальная урожайность гречихи отмечена в вариантах с консорциумом микроорганизмов, комплексными удобрениями при добавлении к КМ и НВФС и НВЦС, а также в варианте только с НВЦС и НВФС.

Несколько ниже масса зерен гречихи при добавлении в состав удобрения цеолита и фосфорита, а минимальная отмечена в вариантах, где эти агроминералы внесены отдельно. Итак, урожайность гречихи в вариантах с наноструктурными формами обоих агроминералов (НВЦС и НВФС) – превышала таковую с внесением цеолита и фосфорита на 5,2 и 16,1% соответственно. Следовательно, для получения высокого урожая гречихи самыми эффективными добавками к консорциуму микроорганизмов, как и на серой лесной почве, являются НВФС и НВЦС.

При учете количества аммонифицирующих микроорганизмов стоит выделить несколько вариантов с консорциумом микроорганизмов, а именно № 3 (КМ), № 6 (КМ + фосфорит), № 7 (КМ + НВФС) и № 11 (КМ + НВЦС), в которых отмечена максимальная численность

аммонификаторов во время цветения (от $50,5 \cdot 10^6$ до $122,5 \cdot 10^6$ КОЕ/г) и плодообразования (от $85,0 \cdot 10^6$ до $145,0 \cdot 10^6$ КОЕ/г). Это связано, возможно, со способностью активной колонизации микроорганизмов консорциума, а также с различием в сорбционной активности использованных минералов (нано- и нативные формы, минеральный состав – фосфорит и цеолит). Свою роль могли сыграть также тип почвы, ее агрохимические показатели и климатические особенности текущего года – относительно высокая влажность при невысоких средних температурах.

1. Урожайность зерна гречихи в фазе плодообразования

Вариант	2018 г.		2019 г.	
	средний показатель массы зерен, г/сосуд	прибавка к контролю без удобрений, %	средний показатель массы зерен, г/сосуд	прибавка к контролю без удобрений, %
1. Контроль, без растений	-	-	-	-
2. Контроль, без удобрений	8,04	-	7,10	-
3. КМ	10,11	25,75	9,33	31,4
4. Фосфорит, 1,0 т/га	10,39	29,23	7,80	9,9
5. НВФС, 0,1 т/га	9,58	19,15	8,97	26,3
6. КМ + фосфорит, 1,0 т/га	10,85	35,0	8,60	21,1
7. КМ + НВФС, 0,1 т/га	11,55	43,7	9,83	38,5
8. Цеолит, 1,0 т/га	9,19	14,3	8,03	13,1
9. НВЦС, 0,1 т/га	10,90	35,8	9,57	34,8
10. КМ + цеолит, 1,0 т/га	9,31	15,8	8,43	18,7
11. КМ + НВЦС, 0,1 т/га	11,50	43,0	9,70	36,6
12. Глауконит, 1,0 т/га	8,14	1,24	Не изучали	
13. НВГС, 0,1 т/га	8,47	5,40	То же	
14. КМ + глауконит, 1,0 т/га	9,03	12,3	>>	
15. КМ + НВГС, 0,1 т/га	9,22	14,7	>>	
НСР _{0,95}		0,69		0,13

При изучении ризосферных diazotрофов, установлено, что во всех исследованных вариантах максимальное количество отмечено в период цветения. При этом уровень количества азотфиксаторов на черноземе выше по сравнению с серой лесной. Тренд изменения численности азотфиксаторов в вариантах с КМ (№ 3, 6, 7 и 11) совпадает с таковым аммонификаторов, только максимум роста отмечен в фазе цветения – от $20,0 \cdot 10^6$ до $40,5 \cdot 10^6$ КОЕ/г. Именно в этих вариантах количество diazotрофов к фазе цветения возрастает в 3,8-5,3 раза. Максимальная урожайность получена в вышеуказанных вариантах, т.е. микроорганизмам надо было больше питания. По-видимому, эффективность внесения удобрений зависит от бактериального профиля (состав автохтонной микрофлоры) и агрохимических показателей конкретной почвы.

Во всех вариантах тренд изменения численности фосфатмобилизирующих микроорганизмов имел сходный характер – резкое увеличение количества в период цветения гречихи. Отмечен рост численности фосфатмобилизирующих микроорганизмов в 19-25 раз в вариантах с добавлением фосфоритов в нативной и наноформах (от $8,0 \cdot 10^6$ - $15,5 \cdot 10^6$ в фазе ветвления до $200,0 \cdot 10^6$ - $290,0 \cdot 10^6$ КОЕ/г в период цветения). Вероятно, по сравнению с серой лесной почвой для чернозема более эффективно внесение комплексного удобрения, содержащего фосфориты в нативной и наноструктурной формах.

Универсальной составляющей для формирования плодородия любой почвы являются микромицеты, численность которых в целом ниже таковой на серой лесной почве. В большинстве исследованных вариантов (исключение 1-й вариант) количество грибов в онтогенезе возрастает к фазе цветения ($25,0 \cdot 10^3$ – $65,0 \cdot 10^3$ КОЕ/г), а затем снижается к концу вегетации гречихи ($10,0 \cdot 10^3$ – $40,0 \cdot 10^3$ КОЕ/г).

О более высокой интенсивности метаболических процессов в почве во время вегетации растений в 2019 г. свидетельствует «дыхательная» активность, которая в 1,5-2,0 раза выше таковой серой лесной почвы. При этом максимальные значения респираторной активности в период цветения отмечены в течение онтогенеза именно в вариантах с комплексными удобрениями, где к КМ добавлены фосфорит и НВФС (вар. 6 и 7). Следует отметить все варианты с агроминералами (4-11), которые не только являются источником дополнительного питания микроорганизмов и растений, но и проявляют катализирующий эффект, при котором увеличивается активность почвенных микроорганизмов и наблюдается рост их численности.

Достаточно высокие показатели микробной биомассы сохраняются во все фазы онтогенеза гречихи. Микробная биомасса сопоставима, а в некоторых вариантах превышает показатели серой лесной почвы.

Анализ микробиологических показателей разных типов почв показал, что для гречихи, несмотря на высокую численность агрономически значимых микроорганизмов на черноземе, урожайность на нем немного ниже. Причиной могут быть как погодные условия 2019 г., который был более засушливым и холодным (июнь/июль), так и агрономическая характеристика почвы – чернозем более плотная и тяжелая почва.

Закключение. Комплексный микробиологический мониторинг свидетельствует о стимуляции и росте изучаемых микроорганизмов и их активности при использовании консорциума микроорганизмов, а также комплексных удобрений, особенно с добавлением наноструктурных форм минералов. Применение удобрений нового поколения достоверно приводит к увеличению биологической активности почвы и урожайности гречихи. По-видимому, активная фотосинтетическая деятельность растений гречихи стимулирует развитие микроорганизмов, входящих в состав комплексных биоудобрений, обеспечивая их веществами, необходимыми для оптимального осуществления процессов жизнедеятельности.

Использование минералов в наноструктурной форме оказывает более выраженное положительное влияние на изучаемые показатели. Сопоставление результатов по двум сезонам позволяет предположить, что степень эффективности созданных удобрений зависит от типа

почвы, климатических особенностей вегетационного сезона, сорта сельскохозяйственной культуры. Суммируя вышеизложенное можно заключить, что проводимые исследования по созданию комплексных биоудобрений способствуют решению приоритетной задачи агроэкологии, а именно производству экологически безопасной сельскохозяйственной продукции.

Литература

1. Воронцов В.Н., Ханина О.Ю., Мирошниченко С.А. и др. О необходимости использования фосфоритной муки, тонине ее размера и грануляции // Экология ЦЧО РФ. – 2016. – №1 (35). – С. 10-14.
2. Глязнецова Ю.С. Вопросы экологического мониторинга и реабилитации нефтезагрязненных почв арктической зоны Якутии // Арктика и Север. – 2012. – № 5 (январь). – С. 1-12.
3. Григорьян Б.Р., Грачев А.Н., Кулагина В.И. и др. Влияние биоугля на рост растений, микробиологические и физико-химические показатели малогумусированной почвы в условиях вегетационного опыта // Вестник технологического университета. – 2016. – Т.19. – №11. – С. 185-189.
4. Дегтярева И.А., Ежкова А.М., Яппаров А.Х. и др. Получение наноразмерного бентонита и изучение его влияния на мутагенез у бактерий *Salmonella typhimurium* // Российские нанотехнологии. – 2016. – Т.11. – № 9-10. – С. 116-122.
5. Дегтярева И.А., Бабьин Э.В., Мотина Т.Ю. и др. Оценка мутагенных и антимутагенных свойств наноструктурного фосфорита – компонента комплексного удобрения // Агрохимический вестник. – 2019. – № 1. – С. 41-45.
6. Донец Е.В. Влияние нефтяного загрязнения на экологические особенности облиеши крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) в условиях вегетационного опыта // Омский научный вестник. – 2015. – №2(144). – С.256-258.

7. Ежков В.О., Яппаров А.Х., Нефедьев Е.С. Наноструктурные минералы: получение, химический и минеральный составы, структура и физико-химические свойства // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 11. – С. 41-45.
8. Желтобрюхов В.Ф., Колодницкая Н.В. Сравнительный анализ препаратов, предназначенных для восстановления нефтезагрязненных земель // Астраханский вестник экологического образования. – 2015. – № 1 (31). – С.185-187.
9. Игнатова Т.Д., Халиуллина Э.Р., Костин В.И. Применение природных ремедиантов для восстановления нефтезагрязненных почв // Вестник РАЕН Российской академии наук. – 2014. – Т.14. – № 6. – С. 58-61.
10. Ильин Ю.М., Семенова М.В., Гырлылова Л.В. Дыхание и продуцирование CO₂-потоков из почвы в условиях вегетационного опыта // Научное обеспечение развития АПК и сельских территорий Байкальского региона: Материалы научно-практической конференции. – Улан-Удэ, 2018. – С. 157-162.
11. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: МГУ, 1991. – 304 с.
12. Полякова Н.В., Кулагина Н.А., Лавринова М.Г. Влияние бактериальных препаратов на свойства аллювиальной осушенной почвы и урожай горчицы в вегетационном опыте // Агрохимикаты в XXI веке: теория и практика применения: Материалы международной научно-практической конференции. – Нижний Новгород, 2017 – С.102-105.
13. Сюбаева А.О., Титова В.И. Влияние совместного внесения минеральных удобрений и биоудобрения Азобактерин-АФ на урожайность, вкусовые качества и содержание макроэлементов в зеленых культурах // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – № 2 (45). – С. 50-55.
14. Титова В.И., Малышева М.К. Влияние жидкого комплексного удобрения ЖКУ 11-37-0 на продуктивность гороха посевного в условиях вегетационного опыта // Пермский аграрный вестник. – 2017. – №1 (17). – С. 49-54.
15. *Microbiological methods for assessing soil quality* / ed. By J. Dloem, D.W. Hopkins, A. Benedetti // CABI Publishing. – 2006. – 307 p.

NEW GENERATION FERTILIZERS: THEIR INFLUENCE ON BUCKWHEAT YIELD AND MICROBIOCENOSIS OF DIFFERENT SOIL TYPES

T.Yu. Motina¹, I.A. Degtyareva^{1,2}

¹Tatar Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science, Orenburg tr. 20a, 420059 Kazan, Russia, e-mail: niixp2@mail.ru

²Kazan National Research Technological University, Karl Marx ul. 68, 420015 Kazan, Russia

The article presents a comparative analysis of buckwheat development under conditions of vegetation experiments on gray forest soil and leached chernozem. The positive effect of using complex fertilizers of a new generation based on a consortium of microorganisms (*Azotobacter chroococcum*, *Pseudomonas brassicacearum*, *Sphingobacterium multivorum*, *Achromobacter xylosoxidans*) and minerals in native and nanostructured form was confirmed. The density of the bacterial suspension is $2.0 \times 10^9 - 8.0 \times 10^9$ CFU/cm³. Native agrominerals (phosphorite, zeolite, glauconite) were applied at a dose of 1.0 t/ha, their nanostructured analogs (nanostructured water-phosphorite, zeolite and glauconite suspensions) – at a dose of 0.1 t/ha. It was discovered that the use of fertilizers based on autochthonous nitrogen-fixing and phosphate-stabilizing bacteria and agrominerals significantly increases the yield of buckwheat and increases the biological activity of the soil. Among the created complex fertilizers, the most effective additives to the consortium of microorganisms are nanostructured water-phosphorous and zeolite suspensions.

Keywords: biofertilizer, microorganisms, buckwheat, yield, microbiocenosis, soil types, chernozem, gray forest soil.

УДК 57.045:581.1:631.81:633

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Т.Л. Курносова¹, к.б.н., Л.В. Осипова¹, д.б.н., И.В. Верниченко², д.б.н., И.А. Быковская¹,

¹ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова 127550, Москва, ул. Прянишникова, 31а, kurnosova_t@mail.ru

²Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49

Работа выполнена по госзаданию № 0572-2019-0014

Оценено в вегетационном опыте формирование продуктивности растений ячменя по характеру донорно-акцепторных отношений в период от цветения до восковой спелости зерна в условиях двух уровней минерального питания. Выявлена положительная роль биогенных элементов селена и кремния при предпосевной обработке семян ими.