Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

УДК 631.8: 633.491: 631.445.25

Применение активаторов роста и органического мелиоранта при возделывании картофеля на серых лесных почвах

Серегина Т.А.[1], Черникова О.В.[2], Мажайский Ю.А.[2]

[1]Центральная нормативно-техническая лаборатория ФСИН

[2]Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний

Аннотация

В России картофель является одной из основных продовольственных и технических культур. При этом в процессе его выращивания возникает ряд сложностей, связанных с неустойчивыми погодными условиями. Показано, что использование наночастиц меди и 1% жидкофазного биопрепарата на фоне органического мелиоранта позволяет повысить урожайность картофеля и улучшить агрохимические показатели серой лесной почвы.

Ключевые слова: НАНОЧАСТИЦЫ МЕДИ, ЖИДКОФАЗНЫЙ БИОПРЕПАРАТ, КОМПОСТ, КАРТОФЕЛЬ, УРОЖАЙНОСТЬ, СЕРАЯ ЛЕСНАЯ ПОЧВА

Введение

Большая часть территории России находится в зоне рискованного земледелия. Несмотря на использование самых современных технологий, органических и минеральных удобрений урожай может оказаться значительно ниже запланированного из-за заморозков, засухи или затяжных дождей. Неблагоприятные факторы окружающей среды заставляют растения испытывать настоящий стресс, однако, стимуляторы роста позволяют нивелировать его последствия.

В настоящее время известно более 5000 соединений, обладающих стимулирующим действием. Это, как правило, вещества растительного, синтетического или микробного происхождения, действующие на различные культуры [1, 2].

Стимуляторы роста, физиологически активные вещества, воздействующие на интенсивность и направленность процессов жизнедеятельности растений, позволяют им

более эффективно использовать всё, что запланировано генотипом растения [3]. Они оказывают не только стимулирующее, но и адаптогенное воздействие на растения и особенно востребованы в зонах неустойчивого, рискового земледелия [4]. Применение активаторов роста даёт возможность как более направленно регулировать процессы роста и развития растений, так и более полно использовать потенциальные возможности сорта [5].

Во ВНИИМЗ разработана ферментационно-экстракционная технология получения различных жидкофазных биосредств, в том числе жидкофазного биопрепарата (ЖФБ) для растениеводства и земледелия. Производство ЖФБ включает стадию ферментации торфо-навозной смеси с получением твёрдофазного продукта ферментации, затем его экстракцию солевым раствором с последующей фильтрацией. Количество микроорганизмов (аммонифицирующих, амилолитических, фосфатмобилизующих, аминокислотсинтезирующих и др.) в свежем биопрепарате достигает $n10^9$ – $n10^{12}$ КОЕ/мл, что позволяет отнести его к микробным биопрепаратам. В нём отсутствует патогенная микрофлора и паразиты. В составе ЖФБ содержание общего азота составляет 0,2 – 0,5 г /л, подвижных форм калия (K_2O) и фосфора (P_2O_5) – 9,5 и 10 г/л соответственно. Также, в его состав входят микроэлементы (медь, цинк, марганец, железо) и различные метаболиты микроорганизмов (сахара, ферменты, аминокислота триптофан) [2].

Одной из форм биологически активных веществ являются нанопорошки металлов и их производные. Применение данных препаратов осуществляется в минимальных дозах, что позволяет значительно снизить нагрузку на агроландшафты и затраты в сельскохозяйственном производстве [6-8].

Интерес к использованию наночастиц (НЧ) в растениеводстве и сельскохозяйственной практике связан с их уникальными свойствами. Многолетние исследования выявили следующие особенности их биологического действия:

- наночастицы металлов обладают низкой токсичностью - в 7-50 раз меньше токсичности металлов в ионной форме, в 10-12 раз меньше токсичности минеральных солей, применяемых в современном сельхозпроизводстве;
- обладают пролонгированным и многофункциональным эффектом;
- стимулируют обменные процессы;
- легко проникают во все органы и ткани.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

В работах [9-11] учёными отмечен значительный рост урожайности пшеницы при внесении в почву раствора наночастиц меди. Не менее важны результаты экспериментов по апробации препаратов на почвах с худшими агрохимическими показателями [12, 13].

Особого внимания заслуживают работы по изучению эффекта от предпосевной обработки семян наночастицами металлов [14]. Лабораторными методами неоднократно подтверждалось отсутствие их накопления в почве и культурах [15, 16]. К тому же их применение в качестве предпосевного протравливания семенного материала имеет существенные преимущества над традиционными технологиями:

- внесение удобрений в почву и распыление порождают значительные потери за счёт испарения, стока, выщелачивания, чего удаётся избежать путём предпосевной обработки [17];

- проведение в периоды, менее загруженные сельхозработами;

- снижение экологической опасности и расходов на реализацию;

- обеспечение защиты на начальной стадии развития растений, стимулирование роста и развития, увеличение урожаев.

Цель данного исследования заключалась в оценке эффективности предпосевной обработки клубней активаторами роста и органического мелиоранта на урожайность картофеля и качество серой лесной почвы.

Объекты и методы

Лизиметрический опыт на серых лесных почвах был заложен 19 мая 2021 года. В качестве опытной культуры выращивалась пропашная культура - картофель. Норма высева была принята 30 ц/га. Сорт - Ред Скарлетт. Схема лизиметрического эксперимента предусматривала использование органического мелиоранта (навоз КРС 90% и куриный помет 10 %), а также активаторов роста (жидкофазный биопрепарат и суспензия наночастиц меди).

Схема лизиметрического опыта следующая:

1. Контрольный вариант (0);

2. Суспензия наночастиц меди в дозе 0,01 г на гектарную норму высева семян (Cu 0,01);

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

3. Компост 40 т/га (К);

4. Компост 40 т/га + суспензия наночастиц меди в дозе 0,01 г на гектарную норму высева семян (К+ Cu 0,01);

5. Компост 40 т/га + жидкофазный биопрепарат в концентрации 1 % (К+ЖФБ 1 %);

6. Компост 40 т/га + жидкофазный биопрепарат в концентрации 2 % (К+ЖФБ 2 %);

7. Компост 40 т/га + жидкофазный биопрепарат в концентрации 1 % + суспензия наночастиц меди в дозе 0,01 г на гектарную норму высева семян (К+ЖФБ 1 %+ Cu 0,01);

8. Компост 40 т/га + жидкофазный биопрепарат в концентрации 2 % + суспензия наночастиц меди в дозе 0,01 г на гектарную норму высева семян (К+ЖФБ 2 %+ Cu 0,01).

Исследования выполнялись в лизиметрах конструкции ВНИИГиМ с ненарушенным почвенным профилем. Площадь стационарных полевых лизиметров составляет 1,13 м^2. Взятые пробы с глубины 0–25 см в начале опыта характеризовали почву невысоким содержанием органического вещества от 3,8 % до 5,4 % (в среднем 4,6 %). Кислотно-щелочная реакция почвы была слабокислой - pH от 5,3 до 6,4 (в среднем 5,7). Обеспеченность почвы подвижными питательными элементами в среднем была следующей: содержание калия – 833,5 мг/кг, общего азота – 0,12 %, подвижного фосфора – 128 мг/кг, что характеризует эту почву как средне обеспеченную данными элементами.

Осенью 2020 года, после уборки предшествующей культуры – ячменя ярового, был внесён органический мелиорант в дозе 40 т/га, состоящий из навоза крупного рогатого скота (90 %) и птичьего помета (10 %), влажностью 85 %. Эта норма органики была запахана (закопана) на глубину 25 см.

Размер наночастиц меди составлял 40–60 Нм, фазовый состав – 100% Cu. Суспензию наночастиц меди получали диспергированием ультразвуком в водном растворе. Жидкофазный биопрепарат (ЖФБ) – жидкость тёмно-коричневого цвета со специфическим запахом, pH = 6,5–7,5; содержит N, C, P, K, Ca, Mg, триптофан, микроорганизмы [18]. Нанопорошок меди в растворе содержал 0,01 г на гектарную норму высева семян, концентрация ЖФБ составляла 1 % и 2 %.

Семена были замочены за 30 минут до посева в двойную дистиллированную воду, в суспензию наночастиц и ЖФБ в соответствии с вариантами опыта.

Технология выращивания картофеля в лизиметрах имитировала общепринятую для серых лесных почв данного региона.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Погодные условия сезона были следующими:

Май: Норма среднемесячной температуры мая - $14,0^0$. Фактическая температура месяца по данным наблюдений - $14,9^0$. Отклонение от нормы - $+0,9^0$. Норма суммы осадков в мае - 40 мм, выпало осадков 50 мм. Эта сумма составила 127% от нормы;

Июнь: Норма среднемесячной температуры июня - $17,4^0$. Фактическая температура месяца по данным наблюдений - $20,1^0$. Отклонение от нормы - $+2,7^0$. Норма суммы осадков в июне - 64 мм, выпало осадков 87 мм. Эта сумма составила 136% от нормы;

Июль: Норма среднемесячной температуры июля - $19,6^0$. Фактическая температура месяца по данным наблюдений - $21,9^0$. Отклонение от нормы - $+2,3^0$. Норма суммы осадков в июле 78 мм, выпало осадков 33 мм. Эта сумма составила 42% от нормы;

Август: Норма среднемесячной температуры августа - $17,7^0$. Фактическая температура месяца по данным наблюдений - $21,2^0$. Отклонение от нормы - $+3,5^0$. Норма суммы осадков в августе - 55 мм, выпало осадков 23 мм. Эта сумма составила 42% от нормы.

Эти внешние факторы оказали влияние на развитие растений и их продуктивность.

Результаты и обсуждение

Линейный рост растений является важным экологическим показателем, косвенно характеризующим интенсивность деления или растяжения клеток. Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений проводились в течение всего вегетационного периода. Результаты определения линейного роста представлены в таблице 1.

Наиболее высокие показатели линейного роста растений 19.06.2021 были выявлены на варианте с применением компоста и 1 % жидкофазного биопрепарата (табл. 1). Отличия с контрольным вариантом были существенными и составили 5,57 см или 47,85 %.

При повторном замере 31.07.2021 максимальное превышение над контролем было выявлено на варианте при совместном применении компоста, ЖФБ 1 % и Cu 0,01 и составило 6,77 см или 14,83 %. Вероятно, наночастицы меди способствовали повышению адаптационного потенциала растений, что привело к стабилизации ростовых процессов и повышению устойчивости к высоким температурам окружающей среды и засухе.

Устойчивость растений к перенесению неблагоприятных условий обусловлена двумя принципиально различными механизмами. В одних случаях растение замедляет или прекращает рост, пассивно переживает неблагоприятный период и легко возобновляет

процессы жизнедеятельности при прекращении стресса. В других случаях оно активно преодолевает неблагоприятные условия, обладая биохимическим аппаратом большой ёмкости и буферности, благодаря чему процессы жизнедеятельности в стрессовых условиях не нарушаются.

Таблица 1. Показатели линейного роста картофеля

№ п/п	Варианты эксперимента	Высота растений, см					
		19.06.2021			31.07.2021		
		В среднем	изменения		В среднем	изменения	
			см ±	%		см ±	%
1	0	11,64	-	-	45,64	-	-
2	Cu 0,01	11,89	+0,25	2,15	45,43	-0,21	-0,46
3	К	13,55	+1,91	16,41	46,97	+1,33	2,91
4	К+ Cu 0,01	12,86	+1,22	10,48	47,67	+2,03	4,45
5	К+ЖФБ 1 %	17,21	+5,57	47,85	49,72	+4,08	8,94
6	К+ЖФБ 2 %	14,19	+2,55	21,91	48,08	+2,44	5,35
7	К+ЖФБ 1 % + Cu 0,01	16,14	+4,50	38,66	52,41	+6,77	14,83
8	К+ЖФБ 2 % + Cu 0,01	15,02	+3,38	29,04	49,22	+3,58	7,84
	$НСР_{05}$	1,2			3,6		

При повышении температуры выше оптимальной в растениях нарушается обмен веществ, и как следствие, накапливаются ядовитые вещества. При более высоких температурах резко повышается проницаемость цитоплазматических мембран, а затем наступает коагуляция белков и отмирание клеток.

Важной характеристикой адаптационного потенциала растений является жаростойкость. Жаростойкость – это один из показателей засухоустойчивости, отражающий способность растений переносить высокие температуры воздуха и почвы. Для большинства растений умеренной зоны температура выше 40^0С оказывается неблагоприятной и при длительном воздействии приводит растение к гибели [19]. Высшие растения не выносят действия положительных температур выше 51^0С в течение 10 минут.

О степени жаростойкости листьев можно судить по времени появления пятен феофитина, а также по степени побурения листьев, т.е. разрушения хлорофилла. Если подвергнуть лист действию высокой температуры, а затем погрузить в слабый раствор соляной кислоты, то повреждённые и мёртвые клетки побуреют вследствие свободного

проникновения в них кислоты, которая вызовет превращение хлорофилла в феофитин, тогда как неповреждённые клетки останутся зелёными [20].

Практически вся медь листьев сосредоточена в хлоропластах и тесно связана с процессами фотосинтеза, стабилизируя хлорофилл, предохраняя его от разрушения. Медь входит в состав медьпротеида, образуя окислительный фермент, способствует синтезу в растениях железосодержащих ферментов [21]. Медь положительно влияет на синтез белков в растениях, которые обеспечивают водоудерживающую способность растительных тканей, вследствие этого медь в виде удобрения имеет значение для придания растениям засухо- и морозоустойчивости и защиты от бактериальных заболеваний. Медь участвует в процессе фиксации азота растениями, повышает устойчивость к полеганию.

Адаптивные свойства меди проявились и при применении её в предпосевной обработке в виде суспензии наночастиц (табл. 2).

Таблица 2. Жаростойкость растений картофеля

№ п/п	Вариант опыта	Жаростойкость, количество пятен феофитина
1	0	12
2	Cu 0,01	8
3	К	10
4	К+ Cu 0,01	8
5	К+ЖФБ 1 %	10
6	К+ЖФБ 2 %	10
7	К+ЖФБ 1 %+ Cu 0,01	6
8	К+ЖФБ 2 %+ Cu 0,01	7

Так, количество пятен феофитина на листьях картофеля в варианте с применением органического мелиоранта и предпосевной обработки клубней наночастицами меди и 1 % ЖФБ уменьшилось, по сравнению с контролем, на 6. В вариантах, где использовались только НЧ Cu и компост совместно с НЧ Cu, - на 4, в варианте с применением К + ЖФБ 2 % + Cu 0,01 – на 5.

Сбор урожая картофеля был проведён 24.08.2021 (в 5 фазе, при отмирании ботвы); была проведена оценка урожайности по вариантам проводимого эксперимента (табл. 3).

Урожайность – важнейший результативный показатель растениеводства и сельскохозяйственного производства в целом. Уровень урожайности отражает воздействие условий, в которых осуществляется выращивание растений, и качество проводимых

мероприятий. Показатели линейного роста и урожайность в нашем опыте оказались в прямой зависимости друг от друга.

Таблица 3. Действие органического мелиоранта и предпосевной обработки семян картофеля на урожайность (т/га)

№ п/п	Варианты эксперимента	Масса продукции		
		Средняя, т/га	изменение	
			т/га	%
1	0	19,7	-	-
2	Cu 0,01	21,4	+1,7	+8,6
3	К	21,6	+1,9	+9,6
4	К+ Cu 0,01	24,2	+4,5	+22,8
5	К+ЖФБ 1 %	26,5	+6,8	+34,5
6	К+ЖФБ 2 %	26,5	+6,8	+34,5
7	К+ЖФБ 1 %+ Cu 0,01	30,5	+10,8	+54,8
8	К+ЖФБ 2 %+ Cu 0,01	25,0	+5,3	+26,9
	$НСР_{05\ т/га}$	2,03		

Внесение органического мелиоранта и предпосевная обработка клубней картофеля наночастицами меди и жидкофазным биопрепаратом в концентрациях 1 % и 2 % оказывало различное влияние на урожайность картофеля (табл. 3). Следует отметить, по сравнению с контрольным вариантом, применение удобрения и активаторов роста позволило увеличить данный показатель.

Анализ полученных данных показал, что максимальная прибавка урожайности наблюдалась в варианте с применением компоста в сочетании с предпосевной обработкой клубней 1 % ЖФБ и наночастицами меди. Урожайность увеличилась на 54,8 % и составила 30,5 т/га.

Для выявления динамики изменения почвенных процессов и агрохимических характеристик от применения исследуемых препаратов на фоне компоста необходимы многолетние исследования, так как органические удобрения проявляют накопительный эффект: при длительном применении компоста совместно с микробными биопрепаратами органические вещества, стойкие к разложению, и микроорганизмы накапливаются в почве, улучшая её структуру и обогащая почву полезными элементами.

Исследования агрохимических характеристик серой лесной среднесуглинистой почвы на вариантах опыта приведены в таблице 4.

Таблица 4. Агрохимические характеристики серой лесной среднесуглинистой почвы на вариантах лизиметрического эксперимента

№ п/п	Вариант опыта	pH, ед	Общий азот, %	Фосфор подв., мг/кг	Калий подв., мг/кг
1	С	5,4	0,10	116	120
2	Cu 0,01	5,3	0,10	118	124
3	К	6,0	0,12	124	134
4	К+ Cu 0,01	5,9	0,12	125	136
5	К+ЖФБ 1 %	6,2	0,14	130	138
6	К+ЖФБ 2 %	6,0	0,13	129	138
7	К+ЖФБ 1 %+ Cu 0,01	6,4	0,16	133	140
8	К+ЖФБ 2 %+ Cu 0,01	6,1	0,15	130	140

Учитывая, что на каждые 100 ц клубней картофель выносит из почвы в среднем 50 кг азота, 20 кг фосфора и 90 кг калия, следует отметить, что применение всех систем удобрений оказало положительное влияние не только на урожайность картофеля, но и на показатели почвенного плодородия. Наибольшее улучшение агрохимических показателей зафиксировано при совместном использовании трёх компонентов (компоста, ЖФБ, наночастиц) - содержание общего азота увеличилось на 50,0 – 60,0 %, подвижного фосфора - на 14 – 17 мг/кг, подвижного калия - на 20 мг/кг, в сравнении с контрольным вариантом опыта. Кислотно-щелочная реакция почвы, в сравнении с контрольным вариантом опыта, повысилась от 5,4 (кислой) до 6,4 и стала близкой к нейтральной.

Заключение

Результаты исследований показали, что исследуемые препараты на фоне применения компоста оказывают стимулирующее действие, способствуют повышению устойчивости к неоптимальным погодным условиям, увеличению урожайности и качества серой лесной почты. Отмечено, что наилучшие показатели были получены при совместной предпосевной обработке наночастицами меди с 1% раствором жидкофазного биопрепарата на фоне органического вещества.

Список использованных источников:

1. Рабинович Г.Ю., Ковалев Н.Г., Смирнова Ю.Д. Применение новых биоудобрений и биопрепаратов при возделывании яровой пшеницы (Triticum aestivum L.) и картофеля

(Solanum tuberosum L.) // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – Т. 50. – № 5. – С. 665-672.

2. Смирнова Ю.Д., Рабинович Г.Ю. Возделывание яровой пшеницы с применением биопрепарата ЖФБ // В сборнике: Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве. Материалы III международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 291-295.

3. Горынцев А.В., Бондарева И.Н. Эффективность применения стимуляторов роста при возделывании картофеля // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия № 2. Физико-математические и естественные науки. – 2017. – № 2. – С. 27-33.

4. Chernikova O., Mazhayskiy Y., Ampleeva L. Selenium in nanosized form as an alternative to microfertilizers // Agronomy Research. – 2019. – Т. 17. – № 1. – С. 974-981.

5. Seregina T., Chernikova O., Mazhaysky Y., Ampleeva L. Features of the influence of copper nanoparticles and copper oxide on the formation of barley crop // Agronomy Research. – 2020. – Т. 18. – № Special Issue 1. – С. 1010-1017.

6. Патент на изобретение 2757791 C1. Способ предпосевной обработки семян ярового ячменя на серых лесных почвах с использованием наночастиц меди и оксида меди / Серегина Т.А., Мажайский Ю.А. и др. По заявке № 2021106273. Опубл. 21.10.2021.

7. Черникова О.В., Амплеева Л.Е., Мажайский Ю.А. Формирование урожая кукурузы при обработке семян наночастицами селена // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 2. – С. 24-27.

8. Chernikova O.V., Ampleeva L.E., Mazhaisky Yu.A. Effect of selenium nanoparticles on the formation of corn yield // Russian Agricultural Sciences. – 2019. – Т. 45. – № 3. – С. 256-259.

9. Черникова О.В., Мажайский Ю.А. Использование биостимуляторов в предпосевной обработке семян // В сборнике: Селекция, семеноводство, технология возделывания и переработка сельскохозяйственных культур. Материалы международной научно-практической конференции. – 2021. – С. 288-291.

10. Черникова О.В., Мажайский Ю.А. Влияние биостимуляторов на продуктивность многолетних трав, выращиваемых на основных типах почв // Российская сельскохозяйственная наука. – 2022. – № 6. – С. 14-18.

11. Polischuk S.D., Churilova V.V., Fadkin G.N., Churilov G.I., Churilov D.G., Chernikova O.V., Polyakov M.V. Strengthening the viability and growth of the scots pine seedlings under the action of iron nanoparticles // International Journal of Nanotechnology. – 2021. – Т. 18. – № 9-10. – С. 887-902.

12. Chernikova O., Seregina T., Mazhaysky Y., Buryak S., Ampleeva L. Comparative analysis of the use of biostimulants on the main types of soil // Agronomy Research. – 2021. – Т. 19. – № Special Issue 1. – С. 711-720.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

13. Черникова О.В., Мажайский Ю.А. Влияние биостимуляторов на урожайность и качество травосмеси // В сборнике: Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование. Материалы III Международной научно-практической конференции. Симферополь. – 2022. – С. 81-85.

14. Цаповская О.Н., Козлов А.В., Пятова А.А. Экологическая оценка влияния меди на рост и развитие растений яровой пшеницы [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – № 4. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/4/st_427.pdf.; DOI: https://doi.org/10.51419/202124427.

15. Надина А.Ф., Черникова О.В. Действие наночастиц и ионов меди на всхожесть ячменя ярового // В сборнике: Инновации молодых - развитию сельского хозяйства. Материалы 56 Всероссийской научной студенческой конференции. – 2020. – С. 57-61.

16. Амплеева Л.Е., Черникова О.В. Пищевая ценность картофеля при использовании различных форм селена // В сборнике: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России. Материалы Национальной научно-практической конференции. – 2019. – С. 357-361.

17. Мажайский Ю.А., Шуравилин А.В., Пивень Е.А., Пивень Н.П., Черникова О.В. Обоснование применения промышленной (голландской) технологии возделывания картофеля в Нечерноземной зоне России // Российская сельскохозяйственная наука. – 2020. – № 1. – С. 15-19.

18. Патент на изобретение 2365568 С1. Способ получения жидкофазного биосредства для растениеводства и земледелия / Рабинович Г.Ю., Фомичева Н.В. и др. По заявке № 2008112832/12. Опубл. 27.08.2009.

19. Арестова Е.А., Арестова С.В. Жаростойкость растений рода Fraxinus L. в Саратовском Поволжье (на примере дендрария НИИСХ Юго-Востока) // Международный научный журнал «Инновационная наука». – 2016. – №11-3. – С. 31-33.

20. Мазец Ж.Э. Судейная С.В., Грицкевич Е.Р. Физиология растений: практикум. В 2 ч. Ч.2. – Минск: БГПУ, 2010. – 71 с.

21. Афанасьев Р.А., Самотоенко А.С., Галицкий В.В. Эффективность некорневых подкормок озимой пшеницы микроэлементами в условиях ЦЧЗ // Плодородие. – 2010. – № 4 (55). – С. 13-15.

Цитирование:

Серегина Т.А., Черникова О.В., Мажайский Ю.А. Применение активаторов роста и органического мелиоранта при возделывании картофеля на серых лесных почвах [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 1. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/1/st_116.pdf.
DOI: https://doi.org/10.51419/202131116.