

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОБИОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ НА МАЛОПРОДУКТИВНЫХ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ

*Т. А. Серегина<sup>1</sup>, О. В. Черникова<sup>2</sup>, Ю. А. Мажайский<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Старший инженер отдела обеспечения маркетинговой деятельности УИС, ФКУ «Центральная нормативно-техническая лаборатория Федеральной службы исполнения наказаний», г. Москва, Россия, [ser.t.a@mail.ru](mailto:ser.t.a@mail.ru)

<sup>2</sup> Доцент кафедры тылового обеспечения уголовно-исполнительной системы, ФКОУ ВО «Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний», г. Рязань, Россия, [chernikova\\_olga@inbox.ru](mailto:chernikova_olga@inbox.ru)

<sup>3</sup> Главный научный сотрудник, Мещерский филиал ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, г. Рязань, Россия, [director@mntc.pro](mailto:director@mntc.pro)

### 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.

## THE USE OF GROWTH ACTIVATORS AND ORGANIC MELIORANT IN POTATO CULTIVATION ON GRAY FOREST SOILS

*T. A. Seregina, O. V. Chernikova, Yu. A. Mazhayskiy*

### Abstract

In Russia, potatoes are one of the main food and industrial crops. At the same time, a number of difficulties arise in the process of growing it due to unstable weather conditions. It is shown that the use of copper nanoparticles and 1% liquid-phase biological product against the background of organic meliorant allows increasing potato yield and improving agrochemical indicators of gray forest soil.

**Keywords:** copper nanoparticles, liquid-phase biological product, compost, potatoes, yield, gray forest.

**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. Неблаго-

приятные 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 [1, 2], действующие на различные культуры.

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, рискованного земледелия [4]. Применение активаторов роста дает 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 твердофазного продукта ферментации, затем его экстракцию солевым раствором с последующей фильтрацией. Количество микроорганизмов (аммонифицирующих, амилолитических, фосфатмобилизующих, аминокислотсинтезирующих и др.) в свежем биопрепарате достигает  $n109 - n1012$  КОЕ/мл, что позволяет отнести его к микробным биопрепаратам. В нем 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, 7, 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 меньшей токсичностью металлов в ионной форме, в 10–12 раз меньше, чем минеральных солей, применяемых в современном сельхозпроизводстве;
- обладают пролонгированным и многофункциональным эффектом;
- стимулируют обменные процессы;
- легко проникают во все органы и ткани.

В работе [9, 10, 11] учеными 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 счет испарения, стока, выщелачивания, чего удастся избежать путем 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 урожая.

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

**Материалы и методы.** Лизиметрический опыт на серых лесных почвах заложен 19 мая 2021 года. В качестве опытной культуры выращивалась пропашная культура картофель. Норма высева 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);

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<sup>2</sup>. 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 внесен 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 – Cu – 100%. Суспензию наночастиц получали диспергированием ультразвуком в водном растворе. Жидкофазный биопрепарат (ЖФБ) – жидкость темно-коричневого цвета со специфическим запахом, рН = 6,5–7,5, содержит N, С, Р, К, Са, 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.

Погодные условия сезона были следующими:

Май: норма среднемесячной температуры мая: 14,00. Фактическая температура месяца по данным наблюдений: 14,90. Отклонение от нормы: +0,90. Норма суммы осадков в мае: 40 мм, выпало осадков: 50 мм. Эта сумма составила 127% от нормы.

Июнь: норма среднемесячной температуры июня: 17,40. Фактическая температура месяца по данным наблюдений: 20,10. Отклонение от нормы: +2,70. Норма суммы осадков в июне: 64 мм, выпало осадков: 87 мм. Эта сумма составила 136% от нормы.

Июль: норма среднемесячной температуры июля: 19,60. Фактическая температура месяца по данным наблюдений: 21,90. Отклонение от нормы: +2,30. Норма суммы осадков в июле: 78 мм, выпало осадков: 33 мм. Эта сумма составила 42% от нормы.

Август: норма среднемесячной температуры августа: 17,70. Фактическая температура месяца по данным наблюдений: 21,20. Отклонение от нормы: +3,50. Норма суммы осадков в августе: 55 мм, выпало осадков: 23 мм. Эта сумма составила 42% от нормы.

**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 на варианте при совместном применении компоста, ЖФБ 1 % и Cu 0,01 максимальное превышение над контролем 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 емкости 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 сред- нем	изменения		В сред- нем	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	K	13,55	+1,91	16,41	46,97	+1,33	2,91
4	K+ Cu 0,01	12,86	+1,22	10,48	47,67	+2,03	4,45
5	K+ЖФБ 1 %	17,21	+5,57	47,85	49,72	+4,08	8,94
6	K+ЖФБ 2 %	14,19	+2,55	21,91	48,08	+2,44	5,35
7	K+ЖФБ 1 % + Cu 0,01	16,14	+4,50	38,66	52,41	+6,77	14,83
8	K+ЖФБ 2 % + Cu 0,01	15,02	+3,38	29,04	49,22	+3,58	7,84
	НСР <sub>05</sub>		1,2			3,6	

При повышении температуры выше оптимальной в растениях нарушается обмен веществ и, как следствие этого, 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 свыше 40 °С оказывается неблагоприятной и при длительном воздействии приводит растение к гибели [19]. Высшие растения не выносят действия положительных температур выше 51 °С 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 поврежденные и мертвые клетки побуреют вследствие свободного проникновения в них кислоты, которая вызо-

вет превращение хлорофилла в феофитин, тогда как неповрежденные клетки останутся зелеными [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]. 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 ее 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	K	10
4	K+ Cu 0,01	8
5	K+ЖФБ 1 %	10
6	K+ЖФБ 2 %	10
7	K+ЖФБ 1 %+ Cu 0,01	6
8	K+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 совместно компост с НЧ Cu на 4, на K + ЖФБ 2 % + Cu 0,01 – на 5.

Сбор урожая картофеля произведен в 5 фазе при отмирании ботвы 24.08.2021, 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.

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 в эксперименте.

**Таблица 3** – Действие органического мелиоранта и предпосевной обработки клубней 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	K	21,6	+1,9	+9,6
4	K+ Cu 0,01	24,2	+4,5	+22,8
5	K+ЖФБ 1 %	26,5	+6,8	+34,5
6	K+ЖФБ 2 %	26,5	+6,8	+34,5
7	K+ЖФБ 1 %+ Cu 0,01	30,5	+10,8	+54,8
8	K+ЖФБ 2 %+ Cu 0,01	25,0	+5,3	+26,9
	НСР <sub>05 т/га</sub>	2,03		

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. Так, 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, микроорганизмы накапливаются в почве, улучшая ее 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	C	5,4	0,10	116	120
2	Cu 0,01	5,3	0,10	118	124
3	K	6,0	0,12	124	134
4	K+ Cu 0,01	5,9	0,12	125	136
5	K+ЖФБ 1 %	6,2	0,14	130	138
6	K+ЖФБ 2 %	6,0	0,13	129	138
7	K+ЖФБ 1 %+ Cu 0,01	6,4	0,16	133	140
8	K+ЖФБ 2 %+ Cu 0,01	6,1	0,15	130	140

Учитывая, что на каждые 100 ц клубней картофеля 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 совместным использованием трех компонентов (компост, ЖФБ, наночастицы): 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 кислой 5,4 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 почвы. Отмечено, что наилучшие показатели были получены при совместной предпосевной обработке наночастицами меди с 1% раствором жидкофазного биопрепарата на фоне органического вещества.

### Список цитированных 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., Mazhayskiy 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. Churilov D.G., Polischuk S.D., Churilova V.V., Churilov G.I., Byshova D.N. Investigation of the long-term toxic effect of nanoparticles of different physical-chemical characteristics // *Agronomy Research*. – 2020. – Т. 18. – № 3. – С. 1973-1991.

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. Churilov G.I., Obidina I.V., Polischuk S.D., Churilov D.G., Churilova V.V., Byshov N.V. The effect of zinc oxide nanoparticles bioaccumulation in seedlings on

growth and development of vetch (*vicia sativa*) // International Journal of Nanotechnology. – 2019. – Т. 16. – № 6-10. – С. 540-556.

9. Назарова, А. А., Полищук, С. Д. Нанопорошки металлов-микроэлементов для повышения урожайности и качества свеклы кормовой // Агрехимический вестник. – 2018. – № 1. – С. 28–30.

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. Nazarova A.A. Effect of iron nanopowder on the physiological resistance of winter wheat to low temperatures // International scientific and practical conference "Ensuring sustainable development: agriculture, ecology and earth science" (AEES 2021). London. – 2022. – С. 012037.

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.

13. Nazarova A.A. Morpho-physiological and productive indicators of oat under the influence of nanopowders of cobalt and copper trace elements // E3S Web of Conferences. Сер. "International Scientific and Practical Conference "Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad", DAIC 2020". – 2020. – С. 2016.

14. Цаповская, О. Н., Козлов, А. В., Пятова, А. А. Экологическая оценка влияния меди на рост и развитие растений яровой пшеницы // Агроэкоинфо. – 2022. – № 4.–Режим доступа:[http://agroecoinfo.ru/СТАТУИ/2022/4/st\\_427.pdf](http://agroecoinfo.ru/СТАТУИ/2022/4/st_427.pdf). [doi.org/10.51419/202124427](https://doi.org/10.51419/202124427).

15. Nazarova A.A. The effect of a mixture of iron and nickel nanopowders of various concentrations on the growth and yield of corn // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. II International scientific and practical conference "Ensuring sustainable development in the context of agriculture, green energy, ecology and earth science". – 2022. – С. 012151.

16. Pityurina I.S., Vinogradov D.V., Musaev F.A., Goncharuk D.V. Agroecological testing of varieties and qualitative characteristics of potato tubers in the conditions of the Ryazan region // Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture. International Scientific and Practical Conference. London. – 2022. – С. 012031.

17. Питюрина, И. С., Виноградов, Д. В., Новикова, А. В. Продуктивность и технологические показатели качества клубней сортов картофеля, выращенных в условиях Нечерноземной зоны // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 1 (166). – С. 118–125.

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. Оpubл. 27.08.2009.

19. Арестова, Е. А., Арестова, С. В. Жаростойкость растений рода *Fraginus* L. в Саратовском Поволжье (на примере дендрария НИИСХ Юго-Востока) //

Международный научный журнал «Инновационная наука». – 2016. – №11–3. – С.31–33.

20. Физиология растений: практикум. В 2 ч. Ч.2/Ж.Э. Мазец, С. В. Судейная, Е. Р. Грицкевич. – 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.