

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-1-SUGP

УДК 631.45

А.В. Синдирева, Т.И. Усольцева, Ю.А. ГазизоваТюменский государственный университет,
625003 г. Тюмень, Российская Федерация

Оценка эффективности использования кофейного жмыха в качестве удобрения под яровую мягкую пшеницу (*Triticum aestivum*)

В статье рассматривается влияние кофейного жмыха на рост и развитие мягкой яровой пшеницы сорта Новосибирская-31 (*Triticum aestivum* L.). С этой целью было проведено две серии вегетационных опытов в течение 2023–2024 гг. Объектом исследования являлась лугово-черноземная почва с внесением различных доз кофейного жмыха. Кофейный жмых применяли по отдельности, а также в сочетании с гуматом торговой марки «Росток» и биопрепаратом «Байкал-ЭМ1». Влияние кофейного жмыха, внесенного в лугово-черноземную почву в дозах от 176 до 538 г/кг, на показатели роста и развития яровой мягкой пшеницы сорта Новосибирская-31 является неоднозначным и зависит от доз применяемого жмыха и от приемов применения. Внесение кофейного жмыха в лугово-черноземную почву в дозах 176, 333 и 538 г/кг оказывает, в основном, угнетающее воздействие на начальные показатели роста и развития яровой мягкой пшеницы. С повышением дозы жмыха токсический эффект возрастает. Наиболее стимулирующее действие на начальные показатели роста и развития пшеницы оказало применение препарата «Росток». Среди вариантов с использованием кофейного жмыха наилучшим является его сочетание с биопрепаратом «Байкал-ЭМ1».

Ключевые слова: кофейный жмых, органическое удобрение, фитотоксичный эффект, метод проростков, гумат, биопрепарат

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Синдирева А.В., Усольцева Т.И., Газизова Ю.А. Оценка эффективности использования кофейного жмыха в качестве удобрения под яровую мягкую пшеницу (*Triticum aestivum*) // Социально-экологические технологии. 2025. Т. 15. № 1. С. 105–127. DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-1-SUGP

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-1-SUGP

A.V. Sindireva, Yu.A. Gazizova, T.I. Usoltseva

University of Tyumen,
Tyumen, 625003, Russian Federation

Assessment of the effect of coffee grounds in different concentrations on the growth and development of spring soft wheat (*Triticum aestivum*)

The article examines the effect of coffee grounds on the growth and development of soft spring wheat of the Novosibirsk-31 variety (*Triticum aestivum* L.). To this end, two series of vegetation experiments were conducted during 2023–2024. The object of the study was meadow-chernozem soil with the introduction of various doses of coffee grounds. Coffee grounds were used separately, as well as in combination with the humate “Rostock” trademark and the biological product “Baikal-EM1”. The effect of coffee grounds introduced into meadow-chernozem soil in doses from 176 to 538 g/kg on the growth and development of spring soft wheat of the Novosibirsk-31 variety is ambiguous and depends on the doses of the grounds used and on the methods of application. The introduction of coffee grounds into meadow-chernozem soil in doses of 176, 333 and 538 g/kg has, mainly, a depressing effect on the initial growth and development of spring soft wheat. With an increase in the dose of coffee grounds, the toxic effect increases. The most stimulating effect on the initial growth and development of wheat was provided by the use of the drug “Rostock”. Among the options using coffee grounds, the best combination is “coffee grounds and Baikal-EM1”.

Key words: coffee grounds, organic fertilizer, phytotoxic effect, sprouting method, humate, biopreparation

FOR CITATION: Sindireva A.V., Gazizova Yu.A., Usoltseva T.I. Assessment of the effect of coffee grounds in different concentrations on the growth and development of spring soft wheat (*Triticum aestivum*). *Environment and Human: Ecological Studies*. 2025. Vol. 15. No. 1. Pp. 105–127. (In Rus.). DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-1-SUGP

Введение

Ежегодно объемы отходов производства и потребления растут, при этом уровень их переработки составляет не больше 7%, а остальная часть складывается на полигонах и несанкционированных свалках, оказывающих отравляющее воздействие на окружающую среду¹. Захоронение отходов остается одним из самых распространенных методов обращения с отходами [Слюсарь, 2019].

Частично изменить ситуацию может разработка технологий повторного использования различных видов отходов. Среди них можно отметить отходы кофейного производства, имеющие перспективу применения в качестве удобрений.

Индустрия кофе развивается по всему миру, потребление напитка ежегодно возрастает². Наряду со спросом на растворимый кофе возрос также спрос на зерновой и капсульный³. Таким образом, растущие спрос и предложение, а вместе с ними и объемы отходов производства смогут обеспечивать сырьем реализацию предложенного решения. Это позволяет решить ряд проблем: проблему утилизации твердых коммунальных отходов, нехватку органических удобрений, высокую стоимость промышленных удобрений. Однако для эффективного применения кофейного жмыха в качестве удобрений необходима научная разработка приемов его внесения с учетом конкретного типа почв и возделываемой культуры.

Цель исследования: оценка эффективности использования кофейного жмыха в качестве удобрения по показателям роста и развития яровой мягкой пшеницы, выращиваемой на лугово-черноземной почве.

¹ Иванов С. Экспертное мнение // Бюллетень Счетной палаты Российской Федерации. 2020. № 9. Мусорная реформа. С. 50–51.

² Сухорукова Е. Пандемия и возросшие цены на сырье снизили потребление кофе в России. РБК Бизнес. 2022. URL: <https://www.rbc.ru/business/12/05/2022/627ba44e9a79479834725d46?ysclid=lidh1pf9h6960650643> (дата обращения: 01.11.2024).

³ Геодакян Е. Эксперты сообщили о росте спроса на кофе в России: Новости в России и мире. ТАСС. 2021. URL: <https://tass.ru/ekonomika/11269887?ysclid=lidhk2hhlw123023920> (дата обращения: 01.11.2024).

Задачи исследования:

- 1) произвести оценку влияния кофейного жмыха на показатели лабораторной всхожести семян, роста и развития яровой мягкой пшеницы;
- 2) определить фитотоксичный эффект используемых в исследовании кофейно-почвенных смесей с применением метода проростков;
- 3) на основе вегетационных опытов предложить оптимальные методы использования кофейного жмыха на лугово-черноземной почве под яровую мягкую пшеницу.

Объекты исследования: лугово-черноземная почва, яровая мягкая пшеница сорта Новосибирская-31, кофейный жмых (получен из зерен средней обжарки фирмы «ETNACOFFEE» из Колумбии, Бразилии и Гватемалы).

Объекты и методы исследования

Вегетационный опыт по оценке изучаемых смесей кофейного жмыха и лугово-черноземной почвы проводился в 2023–2024 гг. в лаборатории экологического мониторинга Тюменского государственного университета и в научно-исследовательской лаборатории экологической физиологии растений и экспериментальной фитоэкологии Института экологической и сельскохозяйственной биологии (X-BIO) Тюменского государственного университета.

Для проведения вегетационного опыта была выбрана мягкая яровая пшеница сорта Новосибирская-31 (*Triticum aestivum* L.). В настоящее время зерновые культуры часто применяются в качестве тестовых. Этот сорт является распространенной культурой, используемой в сельскохозяйственном производстве в Западно-Сибирском регионе, при этом средняя урожайность зерна составляет 3,21 т/га. Вегетационный период составляет от 72 до 95 дней. По устойчивости к полеганию и прорастанию на корню сорт является устойчивым, к засухе – среднезасухоустойчивым. Сорт умеренно восприимчив к бурой ржавчине и септориозу⁴. Успешно возделывается на любых черноземных, каштановых, среднеподзолистых и слабоподзолистых почвах, при этом угнетается повышенной почвенной кислотностью⁵. Примечательно то, что в среднем за 14 суток проростки приобретают все характеристики, показатели которых необходимы для исследования и подлежат измерению.

⁴ Агропромышленная Компания КОЛОС. Официальный сайт. г. Подольск. 2018. URL: <https://www.apk-kolos.ru/> (дата обращения: 01.11.2024).

⁵ Яровая пшеница. 2019. URL: <https://universityagro.ru/rastenievodstvo/yarovaya-pshenitsa/?ysclid=lq7s12aoyр507> (дата обращения: 01.11.2024).

Вегетационные опыты проводились на лугово-черноземной почве, отобранной для проведения вегетационного опыта на фоновой территории. Содержание в почве органического вещества ($13 \pm 1,3\%$), подвижной формы калия K_2O (202 ± 31 млн⁻¹), нитрат-ионов (144 ± 22 млн⁻¹), содержание подвижной формы соединений фосфора P_2O_5 (112 ± 22 млн⁻¹).

Кофейный жмых, или кофейная гуща, являясь главным побочным отходом производства молотого кофе, содержит в себе ряд витаминов, микро- и макроэлементов, необходимых для стабильного роста и развития растительных организмов: K, Ca, P, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe, Ni, Cr, а также витамины B2 и PP, pH в среднем составляет 4,6 [Леонова, 2017]. Несмотря на широкую известность данного отхода как ценного удобрения, способствующего защите растений от вредителей, активизации деятельности дождевых червей, которая улучшает аэрацию почвы и насыщает ее гуминовыми кислотами посредством выделения в нее копролитов⁶, на настоящий момент недостаточно научно обосновано его наиболее оптимальное применение для конкретных сельскохозяйственных культур, выращиваемых на разных типах почв.

Для проведения опыта использовались пластиковые сосуды объемом 500 мл, заполненные слоем дренажа толщиной 2,5–3 см и заранее приготовленными смесями почвы и кофейного жмыха в разных соотношениях общей массой 200 г в каждом. Опыты проводились согласно методике вегетационного опыта. Семена пшеницы выращивали в климатической камере в течение 14 дней (Growth Chamber-GC-1000) с установленными параметрами температуры от 22 °С ночью до 24 °С днем и средней влажности 60%.

По окончании исследования производился учет следующих показателей: лабораторная всхожесть; высота надземной части ростков; длина корневой системы; масса сырого и сухого вещества. Отмечали визуальные признаки угнетения растений (хлороз, некроз).

Проводилось две серии опытов по следующим схемам.

Опыт № 1 состоит из 4 вариантов, повторность опыта – четырехкратная:

- 1) контроль – лугово-черноземная почва, 200 г;
- 2) соотношение масс кофейного жмыха / почвы: 30 г / 170 г (доза кофе 176 г/кг);
- 3) соотношение масс кофейного жмыха / почвы: 50 г / 150 г (доза кофе 333 г/кг);

⁶ Кофейный жмых. 2019. URL: <https://www.micoriza.ru/product/kofejnyj-zhmyh-2?ysclid=mckhwtbd90128671950> (дата обращения: 01.11.2024).

4) соотношение масс кофейного жмыха / почвы: 70 г / 130 г (доза кофе 538 г/кг).

Лучшая доза кофейного жмыха, установленная в результате опыта № 1, использована для *опыта № 2*, включающего 7 вариантов с применением гумата «Росток» [Грехова, Колоколова, Матвеева, 2013] и биопрепарата «Байкал-ЭМ1»⁷. Повторность опыта – четырехкратная:

- 1) контроль – лугово-черноземная почва, масса 200 г;
- 2) соотношение масс кофейного жмыха / почвы: 30 г / 170 г (доза кофе 176 г/кг);
- 3) почва с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1»;
- 4) почва с применением гумата «Росток»;
- 5) смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1»;
- 6) смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением гумата «Росток»;
- 7) смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением гумата «Росток» и биопрепарата «Байкал-ЭМ1».

Препараты «Байкал-ЭМ1» и «Росток» в зависимости от варианта опыта вносили по 25 мл каждый раствор, с соотношением 1 мл препарата к 1000 мл дистиллированной воды.

На этапе посева полив осуществлялся исходя из влагоемкости до полного насыщения (60%). Закладывали по 15 семян на сосуд. Опыт проводился в течение 14 дней. Опыты и учет показателей проводились согласно методике вегетационного опыта аналогично опыту № 1.

На основе проведенных вегетационных опытов для получения сопоставимых результатов были выполнены расчеты индексов токсичности и фитотоксичного эффекта методом проростков [Кадермас, Синдирёва, 2021].

Расчеты производились по следующим формулам:

$$\text{ИТФ} = \text{ТФ}_0 / \text{ТФ}_\text{к}, \quad (1)$$

где ИТФ – индекс токсичности оцениваемого фактора; ТФ_0 – среднее значение регистрируемого показателя в опыте; $\text{ТФ}_\text{к}$ – среднее значение этого же показателя в контроле.

$$\text{ФЭ} = \text{M}_\text{к} - \text{M}_\text{в} / \text{M}_\text{к} * 100, \quad (2)$$

где ФЭ – фитотоксичный эффект, %; $\text{M}_\text{к}$ – показатель роста и развития контрольного растения на сосуд; $\text{M}_\text{в}$ – показатель роста и развития растения в исследуемом варианте.

⁷ Байкал ЭМ1. Официальный сайт. 2002. URL: <https://baikal-em1.ru/?ysclid=lq85j0xz7o188921210> (дата обращения: 01.11.2024).

Уровень кислотности (рН-фактор) кофейно-почвенных смесей из опытов № 1 и № 2 определялся по методике ГОСТ 26423–85.

Обработка полученных результатов осуществлялась с применением пакета программ Microsoft Excel.

Результаты исследований

Кофейный жмых в дозах содержания кофе от 176 до 538 г/кг не оказал положительного влияния на начальные показатели роста и развития яровой мягкой пшеницы. В зависимости от дозы кофейного жмыха, внесенного в лугово-черноземную почву, установлено снижение показателей лабораторной всхожести (рис. 1).

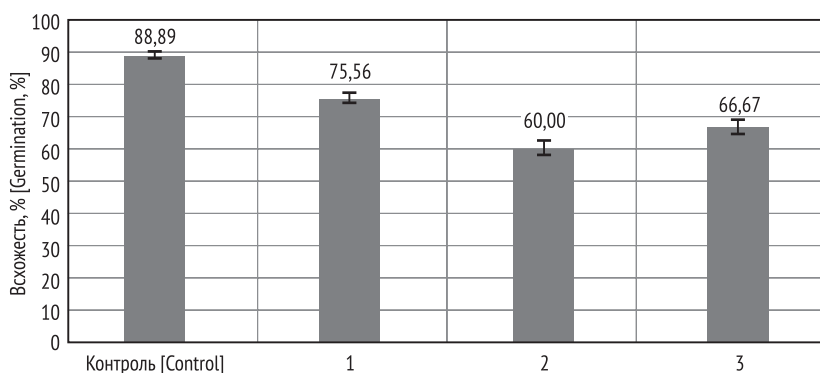


Рис. 1. Влияние кофейного жмыха в разных концентрациях на показатель лабораторной всхожести семян яровой мягкой пшеницы за 14 суток

Варианты смеси, соотношение масс кофейного жмыха / почвы:

1 – 30 г / 170 г (доза кофе 176 г/кг); 2 – 50 г / 150 г (доза кофе 333 г/кг);

3 – 70 г / 130 г (доза кофе 538 г/кг)

Fig. 1. Effect of coffee grounds in different concentrations on the indicator of laboratory germination of spring soft wheat seeds for 14 days

Mixture options, coffee grounds / soil mass ratio: 1 – 30 g / 170 g (coffee dose 176 g/kg); 2 – 50 g / 150 g (coffee dose 333 g/kg); 3 – 70 g / 130 g (coffee dose 538 g/kg)

Наибольший процент всхожести семян пшеницы (88,89%) был в образце контрольной серии (рис. 1). В образце с содержанием кофе 176 г/кг отмечается самое высокое из всех опытных вариантов значение показателя всхожести – 75,56%. Самый низкий показатель лабораторной всхожести (60%) установлен при внесении кофейного жмыха в дозе с содержанием кофе 333 г/кг.

Данные о влиянии кофейного жмыха на высоту проростков и длину корневой системы яровой мягкой пшеницы представлены на рис. 2.

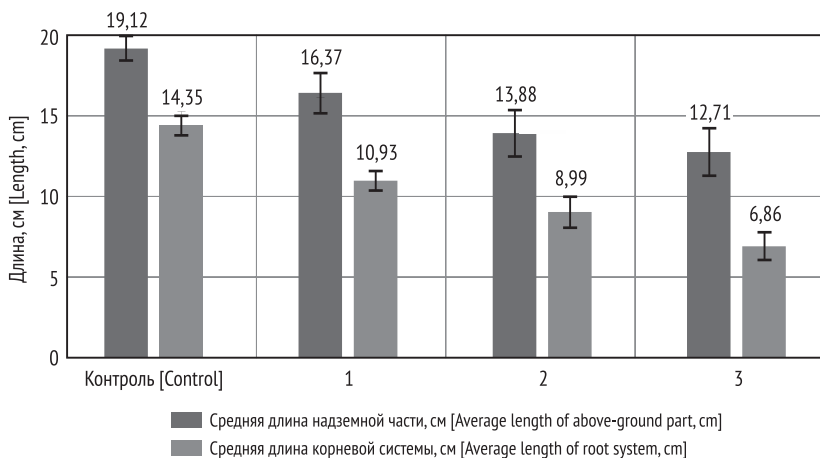


Рис. 2. Влияние кофейного жмыха в разных концентрациях на показатели роста и развития яровой мягкой пшеницы

Варианты смеси, соотношение масс кофейного жмыха / почвы:

1 – 30 г / 170 г (доза кофе 176 г/кг); 2 – 50 г / 150 г (доза кофе 333 г/кг);

3 – 70 г / 130 г (доза кофе 538 г/кг)

Fig. 2. The effect of coffee grounds in different concentrations on the growth and development indicators of spring soft wheat

Mixture options, coffee grounds / soil mass ratio: 1 – 30 g / 170 g (coffee dose

176 g/kg); 2 – 50 g / 150 g (coffee dose 333 g/kg); 3 – 70 g / 130 g (coffee dose 538 g/kg)

Наилучшие показатели роста яровой мягкой пшеницы отмечались в контрольном образце (рис. 2). По мере увеличения содержания кофейного жмыха в почве средние длины надземной части проростков пшеницы и их корневой системы уменьшаются на 37,35 и 52,2% соответственно, что свидетельствует об угнетении растений.

Аналогичная тенденция установлена при оценке показателей массы сырого и сухого вещества растений пшеницы (рис. 3).

Значения массы сырого и сухого вещества растений в образце контрольной серии больше, чем в вариантах с минимальным содержанием кофейного жмыха в почве, в 1,6 и 1,3 раза соответственно, т.е. применение кофейного жмыха негативно сказывается и на этих показателях.

Для оценки степени токсичности кофейно-почвенных смесей были рассчитаны индексы токсичности и фитотоксичный эффект (табл. 1, 2).

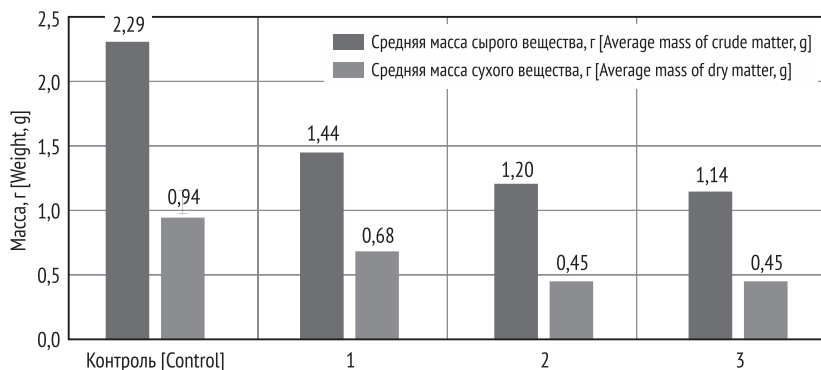


Рис. 3. Влияние кофейного жмыха в разных концентрациях на среднюю массу сырого и сухого вещества яровой мягкой пшеницы

Варианты смеси, соотношение масс кофейного жмыха / почвы:

1 – 30 г / 170 г (доза кофе 176 г/кг); 2 – 50 г / 150 г (доза кофе 333 г/кг);

3 – 70 г / 130 г (доза кофе 538 г/кг)

Fig. 3. Effect of coffee cake at different concentrations on the average crude and dry matter weight of spring common wheat

Mixture options, coffee grounds / soil mass ratio: 1 – 30 g / 170 g (coffee dose 176 g/kg); 2 – 50 g / 150 g (coffee dose 333 g/kg); 3 – 70 g / 130 g (coffee dose 538 g/kg)

Интерпретация результатов проведена согласно указаниям [Кадермас, Синдирёва, 2021]. При этом установлены классы токсичности смесей и фитотоксичный эффект (%), который считается достоверным, если превышает 20%.

Можно отметить, что значения индекса токсичности по большинству показателей (длине надземной части и корневой системы растения, сырой массе проростков) уменьшаются от варианта с содержанием кофе 176 г/кг к варианту с содержанием 538 г/кг, что говорит о соответствующем возрастании токсичности кофейно-почвенных смесей. Вариантом с наименьшей токсичностью стал вариант с содержанием кофе 176 г/кг (IV класс) – низкая токсичность.

Результаты расчетов подтверждают меньшую токсичность варианта с дозой жмыха с содержанием кофе 176 г/кг, отмечается наименьший фитотоксичный эффект по тем же показателям, что и у индексов токсичности, рассмотренных ранее. Однако по ряду показателей (например, длина корневой системы и масса сырого вещества растений) и на этом варианте отмечается достоверный фитотоксический эффект.

Таблица 1

Индексы токсичности исследуемых кофейно-почвенных смесей
[Toxicity indices of the investigated coffee-soil mixtures]

Вариант, соотношение масс кофейного жмыха / почвы [Variant, coffee grounds / soil mass ratio]	Индекс токсичности [Toxicity index]				Класс токсичности [Toxicity class]
	По всхожести [Germination]	По длине надземной части [By length of the above- ground part]	По длине корневой системы [By length of root system]	По сырой массе проростков растений [By raw weight of plant seedlings]	
30 г / 170 г (доза кофе 176 г/кг) [30 g / 170 g (coffee dose 176 g/kg)]	0,85	0,86	0,76	0,63	IV (низкая токсичность) [Low toxicity]
50 г / 150 г (доза кофе 333 г/кг) [50 g / 150 g (coffee dose 333 g/kg)]	0,67	0,73	0,63	0,52	III (средняя токсичность) [Medium toxicity]
70 г / 130 г (доза кофе 538 г/кг) [70 g / 130 g (coffee dose 538 g/kg)]	0,75	0,66	0,48	0,50	III (средняя токсичность) [Medium toxicity]

Таблица 2

Фитотоксичный эффект исследуемых кофейно-почвенных смесей
[Phytotoxic effect of the investigated coffee-soil mixtures]

Вариант, соотношение масс кофейного жмыха / почвы [Variant, coffee grounds / soil mass ratio]	Фитотоксичный эффект, % [Phytotoxic effect, %]			
	По всхожести [Germination]	По длине надземной части [By length of the above- ground part]	По длине корневой системы [By length of root system]	По сырой массе проростков растений [By raw weight of plant seedlings]
30 г / 170 г (доза кофе 176 г/кг) [30 g / 170 g (coffee dose 176 g/kg)]	15	14,4	23,8	37,1
50 г / 150 г (доза кофе 333 г/кг) [50 g / 150 g (coffee dose 333 g/kg)]	32,5	27,4	37,4	47,6
70 г / 130 г (доза кофе 538 г/кг) [70 g / 130 g (coffee dose 538 g/kg)]	25	33,5	52,2	50,2

Из приведенного анализа следует, что кофейный жмых в исследуемых дозах угнетает рост и развитие яровой мягкой пшеницы, при этом чем меньше концентрация кофейного жмыха, тем менее негативное воздействие на рост и развитие яровой мягкой пшеницы. Возможно, предложенные дозы кофейного жмыха при внесении в лугово-черноземную почву способствуют изменению агрофизических и агрохимических свойств почвы и угнетению микробиологической активности почвы. Очевидно, что использование таких отходов в чистом виде в качестве удобрения сельскохозяйственных культур нецелесообразно и требуется разработка эффективных научно обоснованных приемов их применения.

При совместном использовании стимулирующего рост препарата, такого как «Росток», получаемого из гуминовой кислоты низинного торфа, и микробиологического препарата «Байкал-ЭМ1» в качестве удобрения, содержащего молочнокислые, азотфиксирующие, фотосинтезирующие бактерии, сахаромикеты, актиномицеты и другие микроорганизмы, доказавших свою эффективность при выращивании сельскохозяйственных культур, оказывающих стимулирующие свойства и способность к адаптации к различным условиям и стрессам, проведен второй лабораторный опыт с наилучшим вариантом концентрации жмыха к почве с содержанием кофе 176 г/кг. Результаты исследования лабораторной всхожести семян пшеницы представлены на рис. 4.

Наибольший процент всхожести семян пшеницы – в контрольном варианте (без внесения кофейного жмыха, гуминовых и микробиологических препаратов) и в опытном образце смеси кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) (рис. 4). В вариантах почвы с применением гумата «Росток» и биопрепарата «Байкал-ЭМ1», смеси кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1», смеси почвы с гуматом «Росток» показатели всхожести имеют равное значение 91,11%, что на 2,38% ниже контрольного варианта и смеси кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг), но это не является достоверным снижением. Тенденция к снижению всхожести наблюдается в образцах смеси кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением гумата «Росток» и биопрепарата «Байкал-ЭМ1» и смеси кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением гумата «Росток», что соответствует значению показателя всхожести – 88,89%, что на 4,76% ниже контрольного варианта. Самый низкий показатель всхожести (84,44%) оказался у варианта «почва с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1» без внесения в почву кофейного жмыха».

Данные о влиянии различных приемов применения кофейного жмыха на длину надземной части и корневой системы пшеницы представлены на рис. 5.

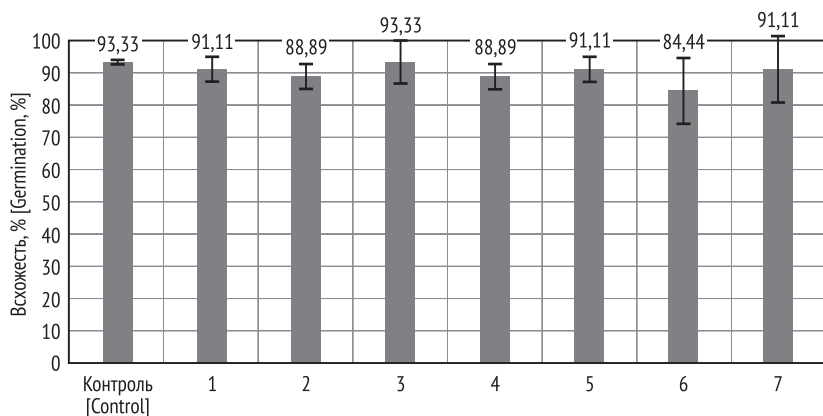


Рис. 4. Влияние применения препаратов «Росток» и «Байкал-ЭМ1» с почвенно-кофейной смесью на показатель лабораторной всхожести семян яровой мягкой пшеницы

Варианты смеси: 1 – почва с применением гумата «Росток» и биопрепарата «Байкал-ЭМ1»; 2 – смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1» и гумата «Росток»; 3 – смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг); 4 – смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением гумата «Росток»; 5 – смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1»; 6 – почва с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1»; 7 – почва с применением гумата «Росток»

Fig. 4. Effect of “Rostok” and “Baikal-EM1” preparations applied with soil-coffee grounds mixture on laboratory germination rate of spring soft wheat seeds

Mixture options: 1 – soil with the use of humate “Rostok” and biopreparation “Baikal-EM1”; 2 – a mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg) using the biopreparation “Baikal-EM1” and humate “Rostok”; 3 – a mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg); 4 – a mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg) with the use of humate “Rostok”; 5 – a mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg) with the use of biopreparation “Baikal-EM1”; 6 – soil with the use of biopreparation “Baikal-EM1”; 7 – soil with the use of humate “Rostok”

Исходя из данных диаграммы, наилучшие показатели роста отмечены на вариантах почв с применением гумата «Росток» и с использованием биопрепарата «Байкал-ЭМ1». Длина надземной части растений имеет тенденцию к превышению по сравнению уровня контроля на 10,96 и 10,66% соответственно. Однако это не достоверное различие. При оценке длины корневой системы отмечена противоположная ситуация.



Рис. 5. Влияние применения препаратов «Росток» и «Байкал-ЭМ1» с почвенно-кофейной смесью на показатели роста яровой мягкой пшеницы

Варианты смеси: 1 – почва с применением гумата «Росток» и биопрепарата «Байкал-ЭМ1»; 2 – смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1» и гумата «Росток»; 3 – смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг); 4 – смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением гумата «Росток»; 5 – смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1»; 6 – почва с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1»; 7 – почва с применением гумата «Росток»

Fig. 5. Effect of application “Rostok” and “Baikal-EM1” preparations with soil-coffee mixture on growth indicators of spring soft wheat for 14 days

Mixture options: 1 – soil with the use of humate “Rostok” and biopreparation “Baikal-EM1”; 2 – a mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg) using the biopreparation “Baikal-EM1” and humate “Rostok”; 3 – a mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg); 4 – a mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg) with the use of humate “Rostok”; 5 – a mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg) with the use of biopreparation “Baikal-EM1”; 6 – soil with the use of biopreparation “Baikal-EM1”; 7 – soil with the use of humate “Rostok”

В образце почвы с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1» данный показатель самый низкий в опыте. Из вариантов с применением кофейного жмыха по показателям длины надземной части превышения уровня контроля не установлено. В то же время разные варианты с применением кофейного жмыха стимулировали рост корневой системы. Наилучший показатель отмечен в образцах с применением кофейного жмыха совместно с препаратом «Росток», отмечено превышение по сравнению

с контролем на 69,5%. Второй по эффективности – вариант «кофейный жмых совместно с препаратом «Байкал-ЭМ1» (длина корня выше уровня контроля на 54%).

На показатели массы сырого и сухого вещества пшеницы кофейный жмых с применением стимулятора роста и микробиологического препарата влияет иначе (рис. 6).

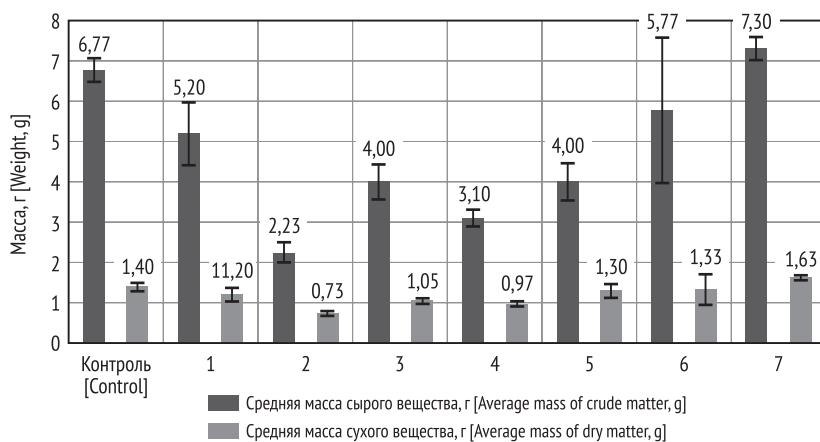


Рис. 6. Влияние применения препаратов «Росток» и «Байкал-ЭМ1» с почвенно-кофейной смесью на массу сырого и сухого вещества яровой мягкой пшеницы

Варианты смеси: 1 – почва с применением гумата «Росток» и биопрепарата «Байкал-ЭМ1»; 2 – смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1» и гумата «Росток»; 3 – смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг); 4 – смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением гумата «Росток»; 5 – смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1»; 6 – почва с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1»; 7 – почва с применением гумата «Росток»

Fig. 6. Effect of application “Rostok” and “Baikal-EM1” preparations with soil-coffee mixture on average weight of crude and dry matter of spring soft wheat

Mixture options: 1 – soil with the use of humate “Rostok” and biopreparation “Baikal-EM1”; 2 – a mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg) using the biopreparation “Baikal-EM1” and humate “Rostok”; 3 – a mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg); 4 – a mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg) with the use of humate “Rostok”; 5 – a mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg) with the use of biopreparation “Baikal-EM1”; 6 – soil with the use of biopreparation “Baikal-EM1”; 7 – soil with the use of humate “Rostok”

Не установлено достоверного положительного влияния используемых препаратов на массу растений (см. рис. 6). Лишь тенденция положительного влияния отмечается на варианте с применением препарата «Росток».

Результаты расчетов токсичности почвы вариантов смесей серии опытов № 2 представлены в табл. 3 и 4.

Все варианты, за исключением смеси кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением гумата «Росток» и биопрепарата «Байкал-ЭМ1», не являются токсичными (см. табл. 3).

Полученные результаты позволяют выделить наименее токсичный и стимулирующий рост пшеницы вариант – это почва с применением гумата «Росток».

Также на их основе можно подтвердить, что наименее токсичным из вариантов с добавлением кофейного жмыха является смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1».

Установленная неоднозначность результатов исследования может быть связана с особенностями условий, необходимых для выращивания выбранного сорта яровой мягкой пшеницы. Возможно, кофейный жмых увеличивает кислотность среды и снижает водопроницаемость, что способствует снижению показателей роста и развития данной культуры.

Для оценки уровня кислотности водных вытяжек, полученных из использованных почвенно-кофейных смесей, были проведены лабораторные исследования (рис. 7).

В образцах смесей опыта № 1 наблюдается закономерное уменьшение значения показателя pH от внесения больших доз кофейного жмыха отдельно от препаратов. Максимальное значение pH составило 7,4 (слабощелочная среда) у контрольного варианта, минимальное – 5,91 (кислая среда) у соотношения масс кофейного жмыха / почвы 70 г / 130 г (доза кофе 538 г/кг), что указывает на большее подкисление почвы.

У образцов опыта № 2 значения pH изменяются в диапазоне 7,23–7,58. В данном опыте подкисления почв в связи с применением кофейного жмыха достоверно не установлено.

Таким образом, полученные предварительные результаты послужат основой для дальнейших исследований по разработке эффективных приемов применения кофейного жмыха в качестве удобрения.

Таблица 3

Индексы токсичности исследуемых кофейно-почвенных смесей с применением гумата и биопрепарата
[Toxicity indices of the investigated coffee-soil mixtures with the use of humate and biopreparation]

Вариант [Variant]	Индекс токсичности [Toxicity index]				Класс токсичности [Toxicity class]
	По всхожести [Germination]	По длине надземной части [By length of the above-ground part]	По длине корневой системы [By length of root system]	По сырой массе проростков растений [By raw weight of plant seedlings]	
Смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) [Mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg)]	1	0,84	1,36	0,59	V (норма) [norm]
Смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением гумата «Росток» [Mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg) with the use of humate "Rostok"]	0,95	0,78	1,69	0,46	V (норма) [norm]
Смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1» [Mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg) using the biopreparation "Baikal-EM1"]	0,98	0,78	1,54	0,59	V (норма) [norm]

Окончание табл. 3

Вариант [Variant]	Индекс токсичности [Toxicity index]				Класс токсичности [Toxicity class]
	По всхожести [Germination]	По длине надземной части [By length of the above- ground part]	По длине корневой системы [By length of root system]	По сырой массе проростков растений [By raw weight of plant seedlings]	
Смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением гумата «Росток» и биопрепарата «Байкал-ЭМ1» [Mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg) with the use of humate “Rostok” and biopreparation “Baikal-EM1”]	0,95	0,76	1,26	0,33	IV (низкая токсичность) [low toxicity]
Почва с применением гумата «Росток» [Soil with the use of humate “Rostok”]	0,98	1,11	1,05	1,08	V (норма) [norm]
Почва с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1» [Soil with the use of the biopreparation “Baikal-EM1”]	0,90	1,11	0,89	0,85	V (норма) [norm]
Почва с применением гумата «Росток» и биопрепарата «Байкал-ЭМ1» [Soil with the use of humate “Rostok” and biopreparation “Baikal-EM1”]	0,98	1,02	1,03	0,77	V (норма) [norm]

Таблица 4

Фитотоксичный эффект исследуемых кофейно-почвенных смесей с применением гумата и биопрепарата
[Phytotoxic effect of the investigated coffee-soil mixtures with the use of humate and biopreparation]

Вариант [Variant]	Фитотоксичный эффект, % [Phytotoxic effect, %]			
	По всхожести [Germination]	По длине надземной части [By length of the above- ground part]	По длине корневой системы [By length of root system]	По сырой массе проростков растений [By raw weight of plant seedlings]
Смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) [Mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg)]	0	15,57	–36,42	40,9
Смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением гумата «Росток» [Mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg) with the use of humate “Rostok”]	4,76	21,62	–69,46	54,2
Смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1» [Mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg) using the biopreparation “Baikal-EM1”]	2,38	21,86	–53,98	40,9
Смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением гумата «Росток» и биопрепарата «Байкал-ЭМ1» [Mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg) with the use of humate “Rostok” and biopreparation “Baikal-EM1”]	4,76	23,84	–25,78	67,06

Окончание табл. 4

Вариант [Variant]	Фитотоксичный эффект, % [Phytotoxic effect, %]			
	По всхожести [Germination]	По длине надземной части [By length of the above- ground part]	По длине корневой системы [By length of root system]	По сырой массе проростков растений [By raw weight of plant seedlings]
Почва с применением гумата «Росток» [Soil with the use of humate “Rostok”]	2,38	–10,66	–4,58	–7,83
Почва с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1» [Soil with the use of the biopreparation “Baikal-EM1”]	9,53	–10,96	11,25	14,77
Почва с применением гумата «Росток» и биопрепарата «Байкал-ЭМ1» [Soil with the use of humate “Rostok” and biopreparation “Baikal-EM1”]	2,38	–1,77	–2,94	23,19

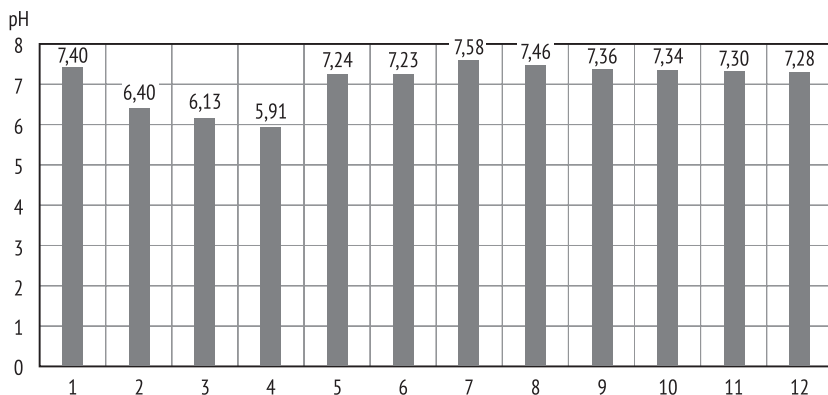


Рис. 7. Влияние применения гумата «Росток» и биопрепарата «Байкал-ЭМ1» на уровень кислотности среды водных вытяжек, полученных из использованных для проращивания семян почвенно-кофейных смесей на 14 сутки

Варианты смесей: 1 – контроль 1; 2 – соотношение масс кофейного жмыха / почвы: 30 г / 170 г (доза кофе 176 г/кг); 3 – соотношение масс кофейного жмыха / почвы: 50 г / 150 г (доза кофе 333 г/кг); 4 – соотношение масс кофейного жмыха / почвы: 70 г / 130 г (доза кофе 538 г/кг); 5 – контроль 2; 6 – почва с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1» и гумата «Росток»; 7 – смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением гумата «Росток» и биопрепарата «Байкал-ЭМ1»; 8 – соотношение масс кофейного жмыха / почвы: 30 г / 170 г (доза кофе 176 г/кг); 9 – смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением гумата «Росток»; 10 – смесь кофейного жмыха и почвы (доза кофе 176 г/кг) с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1»; 11 – почва с применением биопрепарата «Байкал-ЭМ1»; 12 – почва с применением гумата «Росток»

Fig. 7. The effect of the use of humate "Rostok" and biopreparation "Baikal-EM1" on the acidity level of the environment of aqueous extracts obtained from soil-coffee mixtures used for seed germination on the 14th day

Mixture variants: 1 – control 1; 2 – coffee cake / soil ratio: 30 g / 170 g (coffee dose 176 g/kg); 3 – coffee cake / soil ratio: 50 g / 150 g (coffee dose 333 g/kg); 4 – coffee cake / soil ratio: 70 g / 130 g (coffee dose 538 g/kg); 5 – control 2; 6 – soil with the use of the biopreparation Baikal-EM1 and humate "Rostok"; 7 – a mixture of coffee cake and soil (coffee dose 176 g/kg) with the use of humate "Rostok" and biopreparation "Baikal-EM1"; 8 – coffee cake / soil ratio: 30 g/170 g (coffee dose 176 g/kg); 9 – a mixture of coffee cake and soil (coffee dose 176 g/kg) with the use of humate "Rostok"; 10 – a mixture of coffee grounds and soil (coffee dose 176 g/kg) with the use of the biopreparation "Baikal-EM1"; 11 – soil with the use of the biopreparation "Baikal-EM1"; 12 – soil with the use of the humate "Rostok"

Выводы

1. Внесение кофейного жмыха в лугово-черноземную почву в дозах 176, 333 и 538 г/кг оказывает, в основном, угнетающее воздействие на начальные показатели роста и развития яровой мягкой пшеницы. С повышением дозы жмыха токсический эффект возрастает.

2. По результатам расчетов индексов токсичности и фитотоксичного эффекта установлено, что наиболее стимулирующее действие на рост пшеницы оказало применения препарата «Росток». Среди вариантов с применением кофейного жмыха наилучшим является его сочетание с биопрепаратом «Байкал-ЭМ1».

3. Влияние кофейного жмыха, внесенного в лугово-черноземную почву в дозах от 176 до 538 г/кг на показатели роста и развития яровой мягкой пшеницы сорта Новосибирская-31 является неоднозначным и зависит от доз применяемого жмыха в сочетании с гуматами и биопрепаратами.

Библиографический список/ References

Грехова И.В., Колоколова Н.Н., Матвеева Н.В. Влияние препарата Росток на проростки яровой пшеницы на инфекционном фоне // Аграрный вестник Урала. Агрономия. 2013. № 12 (118). С. 15–17. [Grekhova I.V., Kolokolova N.N., Matveeva N.V. The effect of the drug Rostok on spring wheat sprouts against an infectious background. *Agrarnyi vestnik Urala. Agronomiya*. 2013. № 12 (118). Pp. 15–17. (In Rus.)]

Кадермас И.Г., Синдирёва А.В. Экологическая токсикология. Омск, 2021. [Kadermas I.G., Sindireva A.V. *Ekologicheskaya toksikologiya* [Environmental toxicology]. Omsk, 2021.]

Леонова Ю.В. Агроэкологическая оценка применения отходов кофейного производства при возделывании овса на дерново-подзолистых супесчаных почвах Калужской области: дис. ... канд. биол. наук. М., 2017. [Leonova Yu.V. *Agroekologicheskaya otsenka primeneniya otkhodov kofeinogo proizvodstva pri vozdelevanii ovsa na demovo-podzolistykh supeschanykh pochvakh Kaluzhskoi oblasti* [Agroecological assessment of the use of coffee production waste in the cultivation of oats on sod-podzolic sandy loam soils of the Kaluga region]. PhD dis. Moscow, 2017.]

Слюсарь Н.К. Теория, методы и технологии обеспечения геоэкологической безопасности полигонов захоронения твердых коммунальных отходов на пост-эксплуатационном этапе. Пермь, 2019. [Slyusar N.K. *Teoriya, metody i tekhnologii obespecheniya geokologicheskoi bezopasnosti poligonov zakhoroneniya tverdykh kommunalnykh otkhodov na posteksploatatsionnom etape* [Theory, methods and technologies for ensuring geoeological safety of solid municipal waste disposal sites at the post-operational stage]. Perm, 2019.]

Статья поступила в редакцию 25.11.2024, принята к публикации 18.02.2025
The article was received on 25.11.2024, accepted for publication 18.02.2025

Сведения об авторах / About the authors

Синдирева Анна Владимировна – доктор биологических наук; заведующая кафедрой геоэкологии и природопользования Школы естественных наук, Тюменский государственный университет

Anna V. Sindireva – Dr. Hab. (Biology); Head of the Department of Geoecology and Nature Management of the School of Natural Sciences, Tyumen State University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8596-7584>

E-mail: a.v.sindireva@utmn.ru

Усольцева Татьяна Ивановна – аспирантка кафедры геоэкологии и природопользования Школы естественных наук, Тюменский государственный университет

Tatyana I. Usoltseva – postgraduate student at the Department of Geoecology and Nature Management of the School of Natural Sciences, Tyumen State University

E-mail: t.i.usoltseva@utmn.ru

Газизова Юлия Алексеевна – студент Школы естественных наук, Тюменский государственный университет

Yulia A. Gazizova – student at the School of Natural Sciences, Tyumen State University

E-mail: stud0000239768@study.utmn.ru

Заявленный вклад авторов

А.В. Синдирева – контроль за ходом эксперимента, обсуждение результатов

Т.И. Усольцева – организация и выполнение вегетационных опытов, подготовка публикации

Ю.А. Газизова – фиксация параметров роста растений, сбор материала

Contribution of the authors

A.V. Sindireva – control over the progress of the experiment, discussion of the results

T.I. Usoltseva – organization and execution of vegetation experiments, preparation of the publication

Yu.A. Gazizova – fixation of plant growth parameters, collection of material

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи
All authors have read and approved the final manuscript