

УДК 631.86: 31.87

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-382-5-69-73

Т.С. Зинковская ✉

Г.Ю. Рабинович

Е.А. Подолян

Почвенный институт им. В.В. Докучаева,
Москва, Россия

✉ 2016vniimz-noo@list.ru

Поступила в редакцию:
06.02.2024Одобрена после рецензирования:
12.04.2024Принята к публикации:
26.04.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-382-5-69-73

Tatiana S. Zinkovskaya ✉

Galina Yu. Rabinovich

Elena A. Podolyan

V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,
Moscow, Russia

✉ 2016vniimz-noo@list.ru

Received by the editorial office:
06.02.2024Accepted in revised:
12.04.2024Accepted for publication:
26.04.2024

Продуктивность яровой пшеницы и содержание отдельных групп микроорганизмов в почве в зависимости от нанопрепаратов

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Важным фактором снижения зависимости продуктивности сельскохозяйственных культур от разнородных лимитирующих факторов является применение удобрений и биосредств, к которым относятся препараты с наноразмерными частицами (нанопрепараты). В работе изучалось влияние нанопрепаратов на продуктивность яровой пшеницы и отдельные микробиологические показатели дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при регулировании водно-воздушного режима.

Методы. Исследования проводились на агрополигоне Губино (Тверская обл.) на дерново-подзолистой легкосуглинистой осушаемой почве. При снижении влажности в слое 0–50 см ниже 70% от ППВ осуществлялось регулирование водного режима орошением. Нанопрепараты фульвогумат «Иван Овсинский» и н-БоГум применялись путем опрыскивания растений яровой пшеницы сорта Иргина. Нанопрепараты изучались как отдельно, так и на фоне органического удобрения — компоста многоцелевого назначения в дозе 10 т/га. Определение отдельных групп микроорганизмов в почве осуществлялось по общепринятым в микробиологии методикам.

Результаты. В ходе трехлетнего эксперимента получена достоверная прибавка (значимость различий $p < 0,05$) урожая яровой пшеницы в вариантах с нанопрепаратами относительно контроля. Использование их на фоне КМН при регулировании водно-воздушного режима дало самую высокую продуктивность пшеницы во все годы исследований. Действие обоих нанопрепаратов было практически одинаковым. Прибавка урожая от нанопрепаратов относительно компоста многоцелевого назначения в среднем за три года была 18–20% на поливных и 11–13% на неполивных вариантах и составила 3,58 т/га и 2,83 т/га соответственно. При регулировании водного режима возросло содержание аммонифицирующих и фосфатмобилизующих микроорганизмов, связанное с оптимальным увлажнением для их жизнедеятельности. Особенно это проявилось в засушливый период, когда проводились поливы. Наибольшее количество изучаемых микроорганизмов наблюдалось на вариантах компост многоцелевого назначения + нанопрепараты и с внесением только компоста многоцелевого назначения. При этом отмечена высокая связь с урожайностью.

Ключевые слова: нанопрепараты, яровая пшеница, водно-воздушный режим, почвенные микроорганизмы

Для цитирования: Зинковская Т.С., Рабинович Г.Ю., Подолян Е.А. Продуктивность яровой пшеницы и содержание отдельных групп микроорганизмов в почве в зависимости от нанопрепаратов. *Аграрная наука*. 2024; 382(5): 69–73.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-69-73>

© Зинковская Т.С., Рабинович Г.Ю., Подолян Е.А.

The productivity of spring wheat and the content of certain groups of microorganisms in the soil depend on nanopreparations

ABSTRACT

Relevance. An important factor in reducing the dependence of crop productivity on various limiting factors is the use of fertilizers and biological products, which include nano-preparations. The work studied the effect of nano-preparations on the productivity of spring wheat and individual microbiological indicators of sod-podzolic light loamy soil when regulating the water-air regime.

Methods. The research was carried out at the Gubino agro-testing site (Tver region) on soddy-podzolic light loamy drained soil. When the humidity in the 0–50 cm layer decreased below 70% of the PPV, the water regime was regulated by irrigation. Nanopreparations fulvohumate “Ivan Ovsinsky” and n-BoGum were used by spraying spring wheat plants of the Irgina variety. Nanopreparations were studied both separately and against the background of organic fertilizer — multi-purpose compost at a dose of 10 t/ha. Determination of individual groups of microorganisms in the soil was carried out using generally accepted methods in microbiology.

Results. During the three-year experiment, a significant increase (significance of differences $p < 0.05$) in the yield of spring wheat was obtained in the variants with nanopreparations relative to the control. Their use against the background of multi-purpose compost when regulating the water-air regime gave the highest wheat productivity in all years of research. The effect of both nanopreparations was almost the same. The yield increase from nanopreparations relative to multi-purpose compost over an average of three years was 18–20% for irrigation and 11–13% for non-irrigation options and amounted to 3.58 t/ha and 2.83 t/ha respectively. When regulating the water regime, the content of ammonifying and phosphate-mobilizing microorganisms increased, associated with optimal hydration for their vital functions. This was especially evident during the dry period, when irrigation was carried out. The largest number of studied microorganisms was observed in the variants of multi-purpose compost + nanopreparations and with the addition of only multi-purpose compost. At the same time, a high connection with productivity was noted.

Key words: nanopreparations, spring wheat, water-air mode, soil microorganisms

For citation: Zinkovskaya T.S., Rabinovich G.Yu., Podolyan E.A. The productivity of spring wheat and the content of certain groups of microorganisms in the soil depend on nanopreparations. *Agrarian science*. 2024; 382(5): 69–73 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-69-73>

© Zinkovskaya T.S., Rabinovich G.Yu., Podolyan E.A.

Введение/Introduction

В современном земледелии одним из перспективных направлений является использование биосредств нового поколения, к которым относятся препараты с наноразмерными частицами (нанопрепараты). За счет размера активных частиц (от 1 до 100 нм) они способствуют ускорению метаболических процессов, повышают иммунитет растений, обеспечивают синтез ферментов и т. д. [1, 2]. Благодаря адсорбции нанопрепаратами могут транспортироваться внутрь растительных клеток значительное количество наночастиц [3, 4]. Это позволяет за счет образования индукторов стрессоустойчивости¹ противостоять сельскохозяйственным растениям неблагоприятному воздействию окружающей среды, что в конечном итоге проявляется в увеличении продуктивности и качества возделываемых культур [5–7]. Во многих исследованиях подтверждена эффективность наночастиц металлов (*Fe*, *Co*, *Cu*), которые предлагается использовать в качестве микроэлементов [8–13]. Наряду с ними используют наночастицы серебра, являющиеся биологически активными веществами [14].

Во многих работах выявлено действие наночастиц серебра на рост и развитие растений. Получение наночастиц разнообразно. Помимо физико-химических методов, как альтернативу используют зеленый синтез самих растений разных таксономических групп [15, 16].

В настоящее время нанопрепараты, наноматериалы и нанотехнологии находят применение практически во всех областях сельского хозяйства [17, 18]. Использование нанопрепаратов обусловлено размерами частиц, позволяющих им проходить через биологические мембраны клеток. За счет большой удельной поверхности повышается химический потенциал, способствующий адсорбции значительного количества веществ и транспорту их внутрь клетки. Наночастицы имеют значительное отличие от основного вещества, представленного в виде сплошной фазы или микроскопического размера. Благодаря химическим и физическим свойствам и особенностям биологического воздействия на клетки растений наночастицы в составе нанопрепаратов представляют особый интерес в изучении их воздействия на повышение урожайности сельскохозяйственных культур и качества получаемой продукции [2, 8, 19].

Цель данной работы — изучение влияния нанопрепаратов фульвогумат «Иван Овсинский», зарегистрированного в каталоге пестицидов и агрохимикатов Российской Федерации, и н-БоГум, разработанного во Всероссийском научно-исследовательском институте мелиорированных земель, как при отдельном их применении, так и на фоне органического удобрения — компоста многоцелевого назначения (КМН) на продуктивность яровой пшеницы и содержание отдельных групп микроорганизмов на дерново-подзолистой почве при регулировании водно-воздушного режима.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Полевой опыт проводился в 2019–2021 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на агрополигоне Губино ВНИИМЗ (Калининский р-н, Тверская обл., Россия). Почва характеризовалась повышенным

содержанием фосфора (25 мг / 100 г почвы), средним содержанием калия (12 мг / 100 г почвы), слабокислой реакцией среды ($pH_{\text{сол}} 6,8$). Опыты проводились на осушаемой почве. Регулирование водного режима осуществлялось для поддержания влажности почвы в слое 0–50 см 70% ППВ. Для регулярных наблюдений за влажностью этого слоя почвы не реже одного раза в неделю отбирались образцы. В зависимости от климатических условий в годы проведения исследований были проведены поливы дождеванием разными нормами — от 240 до 360 м³/га.

Нанопрепараты изучали как на фоне компоста многоцелевого назначения (КМН), технология которого разработана во Всероссийском НИИ мелиорированных земель (ВНИИМЗ), так и отдельно. Компост был внесен в почву в начале эксперимента в дозе 10 т/га с учетом пролонгации его действия. Растения яровой пшеницы сорта Иргина опрыскивались нанопрепаратами (фульвогумат «Иван Овсинский» и н-БоГум) в течение вегетации с интервалом в 14 дней (норма расхода препаратов — 0,3 л/га).

Фульвогумат «Иван Овсинский» зарегистрирован в Справочнике пестицидов и агрохимикатов² 2023 г., разрешенных к применению на территории Российской Федерации (производитель НПО «Альфа-Групп», г. Новосибирск, Россия). Он содержит сбалансированный комплекс минералов, микроэлементов с измельчением гуминовых цепочек до наноразмеров, а также соли гуминовых кислот, фульвовую кислоту, обладая при этом свойствами удобрения, стимулятора роста, протекторными функциями. Гуминовый препарат н-БоГум ВНИИМЗ получен щелочной экстракцией под воздействием ультразвука и характеризуется высоким содержанием гуминовых кислот, набором макро- и микроэлементов, благоприятным уровнем кислотности и повышенной биодоступностью для различных сельскохозяйственных культур³.

Схема опыта включала следующие варианты:

Осушение	Осушение + орошение
1. Контроль без удобрений	7. Контроль без удобрений
2. Фульвогумат	8. Фульвогумат
3. н-БоГум	9. н-БоГум
4. КМН 10 т/га	10. КМН 10 т/га
5. КМН 10 т/га + фульвогумат	11. КМН 10 т/га + фульвогумат
6. КМН 10 т/га + н-БоГум	12. КМН 10 т/га + н-БоГум

Результаты экспериментальных данных обрабатывались с использованием программы «Ландшафт» (Россия). Подготовка почвенных проб и анализ на содержание отдельных групп микроорганизмов проводились по общепринятым методам⁴.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В отношении влагообеспеченности сельскохозяйственных культур (по многолетним средним характеристикам увлажнения) Нечерноземная зона России оценивается как благоприятная. Между тем межгодовая изменчивость увлажнения в летние месяцы здесь велика, периодически наблюдаются длительные засушливые периоды. Это часто приводит к снижению влажности в корнеобитаемом слое осушаемой почвы ниже

¹ Мазуренко В.В. Наночастицы, наноматериалы, нанотехнологии. Екатеринбург: УГТУ — УПИ. 2009; 83. ISBN 978-5-321-01654-1 <https://www.elibrary.ru/qmgrp>

² Регистрационный № 470-18-1761-1. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2023.

³ Фомичева Н.В., Рабинович Г.Ю. Патент RU 2785368. Способ получения жидкого гуминового препарата для растениеводства и земледелия. Опубликовано 06.12.2022.

⁴ Методы почвенной микробиологии и биохимии. Под ред. проф. Д.Г. Звягинцева М.: Изд-во МГУ. 1991.

влажности разрыва капиллярной связи. Водно-воздушный режим этого слоя необходимо оптимизировать, так как отклонение от оптимального увлажнения в любую сторону вызывает ухудшение всех факторов жизни растений и снижает эффект взаимодействия [20].

Климатические условия в годы проведения эксперимента отличались количеством выпадающих осадков и температурным режимом (рис. 1). Осадки характеризовались периодичностью и носили флуктуационный характер, что отразилось на проведении поливов, которые имели место при влажности почвы в слое 0–50 см ниже 70% от ППВ⁵.

В изучаемых вариантах с нанопрепаратами во все годы исследований получена достоверная прибавка (значимость различий $p < 0,05$) урожая яровой пшеницы сорта Иргина в вариантах с нанопрепаратами относительно контроля. Поливные варианты отличались более высокой продуктивностью, чем без полива. Самая высокая урожайность по годам исследования на всех вариантах получена в 2019 г. и далее (к 2021 г.) наблюдалось ее снижение, связанное как с климатическими условиями в период вегетации яровой пшеницы, так и с выносом питательных элементов в предыдущие годы.

В первый год проведения эксперимента на поливных вариантах продуктивность составила с нанопрепаратами на фоне КМН от 4,68 т/га (н-БоГум) до 4,79 т/га (фульвогумат), в 2021 г. эти показатели равнялись 3,58 т/га и 3,52 т/га соответственно.

Варианты без поддержания оптимальной влажности имели более низкую урожайность. На анализируемых вариантах она была от 3,3 т/га в 2019 г. до 2,7 т/га в 2021-м. В среднем за три года урожайность здесь составила около 2,8 т/га без полива и 3,5 т/га с поливом (рис. 2).

В вариантах с применением препаратов в чистом виде без фона КМН при оптимуме влажности в корнеобитаемом слое продуктивность была от 3,2 т/га (2019 г.) до 2,8 т/га (2021 г.), без полива эти показатели были, соответственно, 2,7 т/га и 2,0 т/га. В среднем за три года прибавка урожайности от использования нанопрепаратов в чистом виде относительно контроля без удобрений была около 19%. На усиление действия изучаемых нанопрепаратов на фоне КМН сыграли поддержание оптимальной влажности и удобрительные свойства КМН. Прибавка к КМН от нанопрепаратов на вариантах с орошением доходила до 20%, на неполивных — до 13,5%. По отношению к контролю она достигала 40%. Отмечено практически одинаковое влияние на продуктивность пшеницы обоих изучаемых нанопрепаратов.

В течение трех лет исследований в опыте с нанопрепаратами проводились наблюдения за содержанием отдельных групп микроорганизмов в почве. Как известно, их разнообразие и количество очень изменчивы и зависят как от многих внешних факторов, так и от внутренних закономерностей процессов разложения и синтеза органического вещества, его пополнения, свойств почвы и т. д.

Самое большое содержание аммонифицирующих микроорганизмов в среднем за период наблюдений отмечено на поливных вариантах как с КМН + обработка пшеницы нанопрепаратами, так и с одним компостом. В первом случае их общее количество в почве составило 20,3 млн/г, с КМН — 18,9 млн/г. На неполивных вариантах эти показатели равнялись 14,1 млн/г и 13,5 млн/г соответственно.

Рис. 1. Метеорологические условия в период проведения опыта (2019–2021 гг.)

Fig. 1. Meteorological conditions during the experiment (2019–2021)

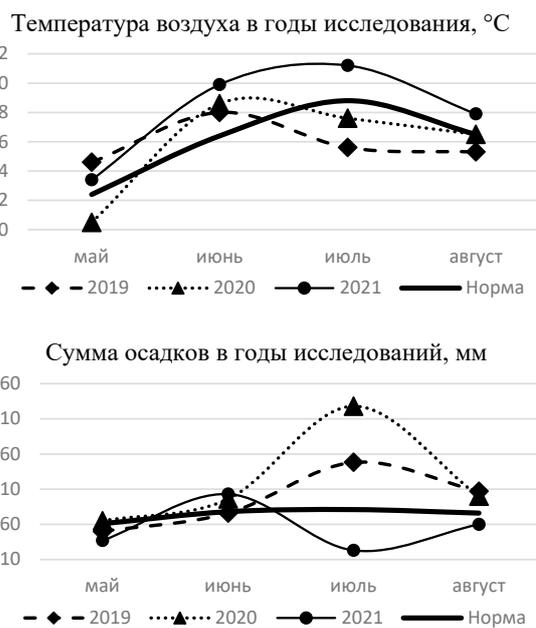
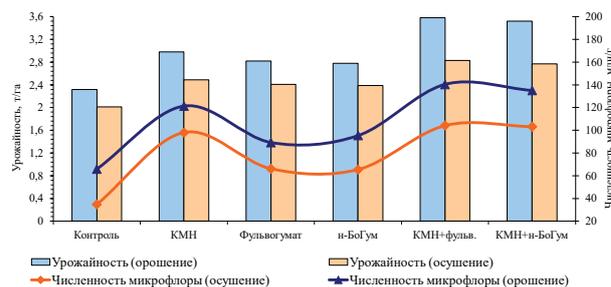


Рис. 2. Урожайность пшеницы и численность микроорганизмов (аммонифицирующие + фосфатмобилизующие) в среднем за три года

Fig. 2. Wheat yield and number of microorganisms (ammonifying + phosphate mobilizing) an average of three years



Повышение численности фосфатмобилизующих микроорганизмов способствует обогащению почвы доступными соединениями фосфора. Максимальное их количество (как и в случае с аммонифицирующими микроорганизмами) наблюдалось в вариантах с нанопрепаратами на фоне применения КМН.

В среднем за три года отмечена положительная связь агрономически полезной микрофлоры с урожайностью яровой пшеницы (рис. 2). При поддержании оптимальной влажности она равнялась 120 млн/г (КМН + фульвогумат) и 116 млн/г (КМН + н-БоГум). На варианте с компостом многоцелевого назначения их количество составило 102,8 млн/г, на абсолютном контроле — 59,8 млн/г.

Выводы/Conclusion

Проведенный трехлетний эксперимент с нанопрепаратами выявил их положительное влияние на продуктивность яровой пшеницы и содержание отдельных групп микроорганизмов в почве в условиях регулирования водно-воздушного режима дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы.

⁵ Агротомеорологический бюллетень по Тверской области. Центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Росгидромет. 2019–2021 гг.

Во все годы исследований (2019–2021 гг.) получена достоверная прибавка урожая пшеницы на вариантах с нанопрепаратами относительно контроля. Самой высокой она была на поливных вариантах при совместном применении с компостом многоцелевого назначения (КМН) и составила по отношению к КМН от 11% на непользованных вариантах и до 20% при поддержании оптимальной

влажности почвы при орошении. На этих вариантах отмечено повышенное содержание аммонифицирующих и фосфатмобилизующих микроорганизмов. Между изучаемыми препаратами фульвогумат «Иван Овсинский» и н-БоГум не выявлено существенной разницы. Их влияние на продуктивность яровой пшеницы и содержание микроорганизмов было практически одинаковым.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Материалы подготовлены при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ) (тема № 0439-2022-0007).

FUNDING

The materials were prepared with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the State assignment of the Federal Research Centre V.V. Dokuchaev Soil Science Institute (VNIIMZ) (No. 0439-2022-0007).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федоренко В.Ф. (ред.). Нанотехнологии и наноматериалы в агропромышленном комплексе. М.: Росинформагротех. 2011; 311. ISBN 978-5-7367-0855-0 <https://elibrary.ru/tkfjdn>
2. Юрин В.М., Молчан О.В. Наноматериалы и растения: взгляд на проблему. Труды Белорусского государственного университета. Серия: Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. 2015; 10(1): 9–21. <https://www.elibrary.ru/zioxj>
3. Афонина И.А., Афонина Н.Е., Никифорова Т.Е. Биосинтез наночастиц серебра с использованием растительных экстрактов. *NovInfo*. 2019; 107: 1–4. <https://www.elibrary.ru/lnhhqo>
4. Kuppusamy P., Yusoff M.M., Maniam G.P., Govindan N. Biosynthesis of metallic nanoparticles using plant derivatives and their new avenues in pharmacological applications — An updated report. *Saudi Pharmaceutical Journal*. 2016; 24(4): 473–484. <https://doi.org/10.1016/j.sps.2014.11.013>
5. Mariyam S., Upadhyay S.K., Chakraborty K., Verma K.K., Duhan J.S., Muneer S., Meena M., Sharma R.K., Ghodake G., Chandra Shekhar Seth C.S. Nanotechnology, a frontier in agricultural science, a novel approach in abiotic stress management and convergence with new age medicine-A review. *Science of The Total Environment*. 2024; 912: 527–539. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169097>
6. Прудников А.Д., Прудникова А.Г., Порошкова М.А. Эффективность нанопрепаратов в семеноводстве льна-долгунца. *Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК. Материалы XVII Международной научной конференции*. Кокшино: Брянский государственный аграрный университет. 2020; 652–658. <https://www.elibrary.ru/iaetoc>
7. Babu S. et al. Nanofertilizers for agricultural and environmental sustainability. *Chemosphere*. 2022; 292: 133451. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133451>
8. Тимофеев В.Н. Наночастицы железа при возделывании яровой пшеницы. *Эпоха науки*. 2021; 27: 13–18. <https://doi.org/10.24412/2409-3203-2021-27-13-18>
9. Конова А.М. и др. Влияние нанопрепаратов (Co, Zn, Fe) и удобрений «Нутривант плюс» и «Гринго» на продуктивность льна-долгунца. *Агрохимический вестник*. 2020; (4): 57–61. <https://doi.org/10.24411/1029-2551-2020-10056>
10. Амлеева Л.Е., Рыбкина Д.А. Нанотехнологии в аграрном секторе: перспективы нанопрепаратов. *Инновационные научно-технологические решения для АПК: вклад университетской науки. Материалы 74-й Международной научно-практической конференции*. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. 2023; 1: 8–13. <https://www.elibrary.ru/ttuisl>
11. Sarkar T. et al. Underutilized green leafy vegetables: frontier in fortified food development and nutrition. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2023; 63(33): 11679–11733. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2095555>
12. Ahmad B. et al. Phyto-fabrication, purification, characterisation, optimisation, and biological competence of nano-silver. *IET Nanobiotechnol*. 2021; (15): 1–18. <https://doi.org/10.1049/nbt2.1200718-AHMADET AL>
13. Rajakumar G. et al. Yttrium Oxide Nanoparticle Synthesis: An Overview of Methods of Preparation and Biomedical Applications. *Applied Sciences*. 2021; 11(5): 2172. <https://doi.org/10.3390/app11052172>
14. Юркова И.Н., Омелченко А.В., Бугара И.А. Влияние наночастиц серебра на ростовые процессы пшеницы. *Вестник ВСГУТУ*. 2014; (1): 69–73. <https://elibrary.ru/sdekiv>
15. Горелкин П., Калинина Н., Лав А., Макаров В., Тальянский М., Яминский И. Синтез наночастиц с использованием растений. *Наноиндустрия*. 2012; (7): 16–23. <https://elibrary.ru/pejdhv>

REFERENCES

1. Fedorenko V.F. (ed.). Nanotechnologies and nanomaterials in the agro-industrial complex. Moscow: Rosinformagrotech. 2011; 311. ISBN 978-5-7367-0855-0 <https://elibrary.ru/tkfjdn>
2. Yurin V.M., Molchan O.V. Nanomaterials and plants: look at the problem. *Proceedings of the Belarusian State University. Series of Physiological, Biochemical and Molecular Biology Sciences*. 2015; 10(1): 9–21 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zioxj>
3. Afonina I.A., Afonina N.E., Nikiforova T.E. The biosynthesis of silver nanoparticles using plant extracts. *NovInfo*. 2019; 107: 1–4 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/lnhhqo>
4. Kuppusamy P., Yusoff M.M., Maniam G.P., Govindan N. Biosynthesis of metallic nanoparticles using plant derivatives and their new avenues in pharmacological applications — An updated report. *Saudi Pharmaceutical Journal*. 2016; 24(4): 473–484. <https://doi.org/10.1016/j.sps.2014.11.013>
5. Mariyam S., Upadhyay S.K., Chakraborty K., Verma K.K., Duhan J.S., Muneer S., Meena M., Sharma R.K., Ghodake G., Chandra Shekhar Seth C.S. Nanotechnology, a frontier in agricultural science, a novel approach in abiotic stress management and convergence with new age medicine-A review. *Science of The Total Environment*. 2024; 912: 527–539. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169097>
6. Prudnikov A.D., Prudnikova A.G., Porushkova M.A. Efficiency of nanopreparations in fiber flax seed production. *Agroecological aspects of sustainable development of the agro-industrial complex. Proceedings of the XVII International Scientific Conference*. Kokino: Bryansk State Agrarian University. 2020; 652–658 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/iaetoc>
7. Babu S. et al. Nanofertilizers for agricultural and environmental sustainability. *Chemosphere*. 2022; 292: 133451. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133451>
8. Timofeev V.N. Iron nanoparticles in cultivation of spring wheat. *Epokha nauki*. 2021; 27: 13–18 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2409-3203-2021-27-13-18>
9. Konova A.M. et al. The influence of nanopreparations (Co, Zn, Fe) and fertilizers “Nutrivant plus” and “Gringo” on productivity of flax. *Agrochemical Herald*. 2020; (4): 57–61 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/10-9-2551-2020-10056>
10. Ampleeva L.E., Rybkina D.A. Nanotechnology in the agricultural sector: prospects for nano-preparations. *Innovative scientific and technological solutions for agriculture: contribution of university science. Proceedings of the 74th International scientific and practical conference*. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2023; 1: 8–13 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ttuisl>
11. Sarkar T. et al. Underutilized green leafy vegetables: frontier in fortified food development and nutrition. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2023; 63(33): 11679–11733. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2095555>
12. Ahmad B. et al. Phyto-fabrication, purification, characterisation, optimisation, and biological competence of nano-silver. *IET Nanobiotechnol*. 2021; (15): 1–18. <https://doi.org/10.1049/nbt2.1200718-AHMADET AL>
13. Rajakumar G. et al. Yttrium Oxide Nanoparticle Synthesis: An Overview of Methods of Preparation and Biomedical Applications. *Applied Sciences*. 2021; 11(5): 2172. <https://doi.org/10.3390/app11052172>
14. Yurkova I.N., Omelchenko A.V., Bugara I.A. The influence of silver nanoparticles on wheat growth process. *ESSUTM Bulletin*. 2014; (1): 69–73 (in Russian). <https://elibrary.ru/sdekiv>
15. Gorelkin P., Kalinina N., Love A., Makarov V., Taliyanskiy M., Yaminskiy I. Synthesis of nanoparticles using plants. *Nanoindustry*. 2012; (7): 16–23 (in Russian). <https://elibrary.ru/pejdhv>

16. Макаров В.В. и др. Зеленые нанотехнологии: синтез металлических наночастиц с использованием растений. *Acta Naturae*. 2014; 6(1): 37–47. <https://elibrary.ru/rzhlar>

17. Фарус О.А. Оценка действия наночастиц серебра на рост и развитие кресс-салата. *Наноиндустрия*. 2023; 16(6): 354–361. <https://elibrary.ru/lqdyml>

18. Зеленков В.Н., Потопов В.В. Гидротермальный нанокремнезем в сельскохозяйственном растениеводстве и биотехнологии. *Наноиндустрия*. 2020; 13(1): 22–33. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2020.13.1.22.33>

19. El-Azeim M.M.A., Sherif M.A., Hussien M.S., Tantawy I.A.A., Bashandy S.O. Impacts of nano- and non-nanofertilizers on potato quality and productivity. *Acta Ecologica Sinica*. 2020; 40(5): 388–397. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2019.12.007>

20. Зинковский В.Н., Зинковская Т.С. Учет атмосферных осадков при агрометеорологических расчетах. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2018; (5): 130–135. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.71.019>

16. Makarov V.V. et al. Green Nanotechnologies: Synthesis of Metal Nanoparticles Using Plants. *Acta Naturae*. 2014; 6(1): 35–44. <https://doi.org/10.32607/20758251-2014-6-1-35-44>

17. Farus O.A. Evaluation of the effect of silver nanoparticles on the growth and development of cress. *Nanoindustry*. 2023; 16(6): 354–361 (in Russian). <https://elibrary.ru/lqdyml>

18. Zelenkov V.N., Potapov V.V. Hydrothermal nanosilica in agricultural crop and biotechnology. *Nanoindustry*. 2020; 13(1): 22–33 (in Russian). <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2020.13.1.22.33>

19. El-Azeim M.M.A., Sherif M.A., Hussien M.S., Tantawy I.A.A., Bashandy S.O. Impacts of nano- and non-nanofertilizers on potato quality and productivity. *Acta Ecologica Sinica*. 2020; 40(5): 388–397. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2019.12.007>

20. Zinkovsky V.N., Zinkovskaya T.S. Considering atmospheric precipitations at agrometeorological calculations. *International Research Journal*. 2018; (5): 130–135 (in Russian). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.71.019>

ОБ АВТОРАХ

Татьяна Степановна Зинковская

кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией плодородия отдела биотехнологий
2016vniimz-noo@list.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3546-9637>

Галина Юрьевна Рабинович

доктор биологических наук, профессор, заведующая отделом биотехнологий
<https://orcid.org/0000-0002-5060-6241>

Елена Александровна Подолян

кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории плодородия отдела биотехнологий
<https://orcid.org/0000-0002-2754-0053>

Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»,
Пыжевский пер., 7, стр. 2, Москва, 119017, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Tatyana Stepanovna Zinkovskaya

Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Fertility Laboratory of the Biotechnology Department
2016vniimz-noo@list.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3546-9637>

Galina Yuryevna Rabinovich

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biotechnologies
<https://orcid.org/0000-0002-5060-6241>

Elena Aleksandrovna Podolyan

Candidate of Agricultural Sciences, Junior Researcher at the Fertility Laboratory of the Biotechnology Department
<https://orcid.org/0000-0002-2754-0053>

Federal Research Center “V.V. Dokuchaev Soil Institute”,
7 Pyzhevsky Lane, 2 building, Moscow, 119017, Russia



**РОССИЙСКИЙ
ФОРУМ ПОЛЕВОДОВ**
АГРОТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

РОССИЙСКИЙ ФОРУМ ПОЛЕВОДОВ 2024

АГРОТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

5-6 СЕНТЯБРЯ 2024 г. / ПЯТИГОРСК

АГРОБИЗНЕС
Организатор форума

Российский форум полеводо­в — отраслевое мероприятие, посвященное актуальным вопросам выращивания, уборки и реализации пшеницы, подсолнечника, кукурузы, ржи, ячменя, овса, риса, просо, сорго и других культур.

ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ:

- Семена: обработка, подготовка к посеву
- Инновации в защите и питании подсолнечника, кукурузы, пшеницы
- Цифровизация сельского хозяйства
- Обработка почвы: вспашка, культивация, внесение удобрений
- Потенциал и качество семенного материала
- Прибыльная защита полевых культур
- Уборка урожая: механизация, агромониторинг с применением цифровых технологий

АУДИТОРИЯ ФОРУМА

Руководство агрохолдингов и сельхозпредприятий, выращивающих пшеницу, подсолнечник, кукурузу, рожь, ячмень, овес, рис, просо, сорго и другие культуры, главы крестьянских фермерских хозяйств, семенные компании, производители агрохимии и средств защиты растений, компании, поставляющие оборудование и спецтехнику, представители органов власти, национальных союзов, ассоциаций.

По вопросам выступления и спонсорства:
+7 (988) 248-47-17

По вопросам делегатского участия:
+7 (909) 450-36-10
+7 (960) 476-53-39

e-mail: events@agbz.ru

Регистрация на сайте:
fieldagriforum.ru



12+

Реклама, ИП Ковергин В.В., ИНН 23129638982,
ОГРН/ИП 31223122000019