

Т.С. Зинковская, кандидат сельскохозяйственных наук
 Г.Ю. Рабинович, доктор биологических наук, профессор
 О.Н. Анциферова, кандидат сельскохозяйственных наук
 ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»
 РФ, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2
 E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

УДК 631.86:31.87

DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/17-20

ВЛИЯНИЕ НАНОПРЕПАРАТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНО-ВОЗДУШНОГО РЕЖИМА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Изучено действие нанопрепаратов на продуктивность яровой пшеницы при различном водном режиме осушаемой глееватой легко-суглинистой дерново-подзолистой почвы. Применение биосредств нового поколения для увеличения продуктивности возделываемых культур, предотвращения процессов деградации, сохранения и расширенного воспроизводства плодородия почвы позволило определить их влияние на урожайность и качество яровой пшеницы при двустороннем регулировании водно-воздушного режима почвы. Использование гуминовых препаратов с наночастицами БоГум-Н и фульвогумата «Иван Овсинский» как отдельно, так и вместе с разработанным ВНИИМЗ высокотехнологичным удобрением — компостом многоцелевого назначения (КМН), способствовало повышению урожая. В ходе трехлетнего эксперимента (2019–2021 годы) получена математически доказанная прибавка урожая с применением нанопрепаратов относительно контроля. Урожайность яровой пшеницы в неорошаемых вариантах с нанопрепаратами БоГум-Н и фульвогумат «Иван Овсинский» составила 24,1 и 23,9 ц/га (контроль — 20,1 ц/га), при орошении с нанопрепаратами и в контроле — 28,2, 27,8 и 23,2 ц/га, соответственно. Самая высокая продуктивность пшеницы была в вариантах с поливом и нанопрепаратами на фоне КМН, усилившим их действие. В орошаемых вариантах в среднем за три года прибавка урожайности при некорневой обработке нанопрепаратами достигла 18–20 % по отношению к КМН. В ходе эксперимента выявлено практически одинаковое действие изучаемых нанопрепаратов на продуктивность культуры. В условиях двустороннего регулирования водного режима почвы оценено влияние биосредств на качество пшеницы. В вариантах с нанопрепаратами на фоне КМН зерно отличалось повышенной белковостью при поливе (11,8 %) и без него (12,2 %).

Ключевые слова: нанопрепараты, фульвогумат «Иван Овсинский», БоГум-Н, компост многоцелевого назначения, яровая пшеница, урожайность, белок.

T.S. Zinkovskaya, PhD in Agricultural sciences
 G.Yu. Rabinovich, Grand PhD in Biological sciences, Professor
 O.N. Antsiferova, PhD in Agricultural sciences
 FRC «V.V. Dokuchaev Soil Science Institute
 RF, 119017, g. Moskva, Pyzhevskij per., 7, str. 2
 E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

A NANOPREPARATIONS EFFECT ON SPRING WHEAT PRODUCTIVITIES UNDER THE CONDITIONS OF THE WATER-AIR REGIME REGULATION OF SODDY-PODZOLIC SOIL

The effect of nanopreparations on the productivity of spring wheat under different water regimes of drained gleyic light loamy soddy-podzolic soil was studied. The use of new generation biological agents to increase the productivity of cultivated crops, prevent degradation processes, preserve and expand the reproduction of soil fertility made it possible to determine their effect on the yield and quality of spring wheat with bilateral regulation of the water-air regime of the soil. The use of humic preparations with nanoparticles BoGum-N and fulvohumate "Ivan Ovsinsky" both separately and against the background of a high-tech fertilizer developed by VNIIMZ - multi-purpose compost (KMN), contributed to an increase in yield. During a three-year experiment (2019–2021), a mathematically proven yield increase was obtained in variants with nanopreparations relative to the control. On average, over three years, the yield of spring wheat on non-irrigated variants with nanopreparations BoGum-N and fulvohumate "Ivan Ovsinsky" was 24.1 and 23.9 c/ha, in the control — 20.1 c/ha. Under irrigation with nanopreparations and in the control variant, the yield was 28.2 c/ha, 27.8 c/ha and 23.2 c/ha, respectively. The highest productivity of wheat over the years of research was provided by irrigation options with nanopreparations against the background of KMN. This had a positive effect on enhancing the effect of the tested drugs. On irrigated variants, on average over three years, the increase in yield with foliar treatment with nanopreparations was 18–20 % in relation to the KMN. During the experiment, almost the same effect of the studied nanopreparations on the productivity of spring wheat was revealed. Under the conditions of bilateral regulation of the water regime of the soil, the influence of biological agents on the quality of wheat was assessed. Variants with nanopreparations against the background of KMN were distinguished by increased protein content, both watering and without it. When drained, the protein content in wheat grain averaged 12.2 %, in variants with irrigation — 11.8 %.

Keywords: nanopreparations, Ivan Ovsinsky fulvohumate, BoGum-N, multipurpose compost, spring wheat, productivity, protein.

Одно из перспективных направлений исследований в земледелии, способное снизить степень зависимости величины и качества урожая от внешних факторов, — применение нанопрепаратов. Эффект достигается путем активного проникновения ча-

стиц в растение за счет их наноразмера и нейтрального статуса. [8, 13, 14]

Размер активных частиц нанопрепаратов (1...100 нм) обеспечивает ускорение метаболических процессов, протекающих в органах растений,

способствует пролонгированному действию и не требует их применения в больших дозах для достижения положительного эффекта. Благодаря высокой удельной поверхности наноматериалы (НМ) могут адсорбировать контаминанты и транспортировать их внутрь растительных клеток. [13] Исследованиями подтверждена эффективность наночастиц (НЧ) металлов в качестве микроэлементов. [1, 3, 13] Растения также используют для «зеленого» синтеза наночастиц (НЧ) в качестве альтернативы физико-химическим методам. [2, 4, 7] Нанопрепараты положительно влияют на иммунитет растений, стрессоустойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды, ускоряют синтез ферментов. [7-9, 11, 14]

Применение в современной земледелии удобрений нового поколения, а также биосредств, в том числе наноразмерных, способствует повышению урожайности и качества возделываемых культур. [6, 10, 12] Но техногенные и природные наноматериалы еще не до конца изучены. [15]

Цель работы – определить степень действия нанопрепаратов фульвогумат «Иван Овсинский» и БоГум-Н с компостом многоцелевого назначения (КМН) и без него на продуктивность и качество яровой пшеницы в условиях двустороннего регулирования водного режима дерново-подзолистой почвы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2019–2021 годах на опытном агрополигоне Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель – филиала ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ), расположенном в Калининском районе Тверской области исследовали яровую пшеницу *Ириана*. Почва – дерново-подзолистая глееватая легкосуглинистая. Содержание фосфора – повышенное, калия – среднее, реакция среды – слабокислая. Опыты проводили на осушаемой почве, при снижении влажности в слое 0...50 см до 70 % ППВ водный режим регулировали.

В 2019 году вносили 10 т/га органического удобрения нового поколения – компост многоцелевого назначения (КМН) с учетом пролонгации его действия до 2021 года включительно.

Растения яровой пшеницы опрыскивали нанопрепаратами (фульвогумат «Иван Овсинский» и БоГум-Н) в течение вегетации, начиная с фазы кушения, с промежутком 15 дней, включая фазу колосения. Дозы препаратов рассчитывали в соответствии с рекомендациями по их применению.

Фульвогумат «Иван Овсинский», зарегистрированный в государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, производят в НПО Альфа-Групп (Новосибирск). [5] Препарат содержит соли гуминовых кислот, фульвовую кислоту, сбалансированный комплекс минералов и микроэлементов с измельчением гуминовых цепочек до наноразмеров. Это натуральный органоминеральный иммуномодулятор и стимулятор роста растений, обладает протекторными свойствами и обеспечивает повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды. Аналогичные свойства имеет гуминовый препарат БоГум-Н с наночастицами, разработанный во ВНИИМЗ.

В основе технологии получения БоГум-Н лежит щелочная экстракция, направленная на активизацию гуминового комплекса. Препарат представляет собой жидкость темно-бурого цвета, содержит гуминовые кислоты, гумат калия, макро- и микроэлементы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Климатические условия во время вегетации различались по температурному режиму и количеству осадков (табл. 1).

Уровень почвенно-грунтовых вод в 2019 году к моменту посева культуры находился на отметке 90 см, к началу кушения он понизился. В 2020 году за время вегетации выпало 489 мм осадков, 2021 – 223 при норме 296 мм.

В 2019 году с конца мая и до начала июля в вариантах без полива влажность почвы снижалась и составила в критический момент 20 % ППВ. В июле 2021 года был перекрыт абсолютный температурный максимум за весь период наблюдений (34°C), что негативно сказалось на росте и развитии растений. Проведенные в засушливые периоды поливы почвы способствовали поддержанию ее влажности на уровне 70 % ППВ.

Варианты различались по эвапотранспирации и коэффициентам водопотребления пшеницы. Самый низкий суммарный расход влаги был в вариантах без полива. При орошении он повышался.

На рисунке (2-я стр. обл.) представлена средняя за три года урожайность пшеницы. Компост многоцелевого назначения проявил наибольшую эффективность в отношении формирующегося урожая в год внесения (2019). Его пролонгирующее действие наблюдали до 2021 года включительно.

Во все годы исследований получена математически доказанная прибавка урожайности в вариантах с нанопрепаратами по сравнению с контролем. С поливом она составила в среднем за три года – 28, без – 24 ц/га.

Самая высокая продуктивность пшеницы отмечена в вариантах с поливом и нанопрепаратами на фоне КМН. Действие нанопрепаратов было практически на одинаковом уровне. Прибавка урожайности от их применения в среднем за три года составила 18...20 % с поливом, без него – 11...13,5 %.

Таблица 1.
Метеоусловия периода вегетации, 2019–2021 годы

Год	Показатель	Май	Июнь	Июль	Август	Всего
Норма	Осадки, мм	61	78	81	76	296
	t воздуха, °C	12,4	16,4	18,8	16,5	64,1
	ГТК	1,6	1,6	1,4	1,5	1,5
2019	Осадки, мм	50	76	148	107	381
	t воздуха, °C	14,6	18	15,6	15,3	63,5
	ГТК	1,14	1,41	3,16	2,33	2,00
2020	Осадки, мм	65	96	228	100	489
	t воздуха, °C	10,5	18,6	17,6	16,5	63,2
	ГТК	2,06	1,72	4,32	2,02	2,58
2021	Осадки, мм	37	103	23	60	223
	t воздуха, °C	13,4	19,9	21,2	17,9	72,4
	ГТК	0,92	1,73	0,36	1,12	1,03

Таблица 2.
Урожайность пшеницы по годам, ц/га

Вариант	Урожайность пшеницы, ц/га				Прибавка (средняя за три года), %	
	2019	2020	2021	Средняя	к контролю	к КМН
Осушаемая почва						
Контроль	22,5	20,6	17,1	20,1	–	–
КМН 10 т	29,5	26,6	18,8	24,9	23,9	–
Фульвогумат	27,4	23,9	20,9	24,1	19,9	–
БоГум-Н	28,7	23,0	20,2	23,9	18,9	–
КМН+Фульв.	33,2	29,6	22,1	28,3	40,8	13,6
КМН+БоГум-Н	32,6	28,7	21,9	27,7	37,8	11,2
Осушаемая почва + орошение при 70% ППВ						
Контроль	27,0	23,4	19,1	23,2	–	–
КМН 10 т	38,5	29,5	21,3	29,8	28,4	–
Фульвогумат	32,8	27,9	23,8	28,2	21,6	–
БоГум-Н	32,0	27,0	24,0	27,8	19,8	–
КМН+Фульв.	47,9	32,6	26,8	35,8	54,3	20,1
КМН+БоГум-Н	46,8	31,8	26,9	35,2	51,7	18,1
НСР ₀₅	2,4	1,9	1,2	1,8		

Анализ урожайности пшеницы по годам позволил оценить степень действия КМН (табл. 2). В 2019 году она составила 29,5 ц/га, в 2020 понизилась на 2,9 ц/га, а в 2021 с аномальной жарой в июле не превысила 18,8 ц/га. Но в вариантах с поливом она была существенно выше – 38,5 ц/га (2019), 29,5 (2020) и 21,3 ц/га (2021). Самая низкая урожайность во всех вариантах отмечена в 2021 году из-за аномальной жары в период вегетации и выноса питательных элементов почвы в предыдущие годы.

Качество зерна оценивали по содержанию белка. В условиях 2021 года во всех вариантах без полива содержание белка в зерне яровой пшеницы было выше, чем с орошением (контроль без полива – 13,0, с поливом – 12,0 %), в вариантах без орошения на фоне КМН с нанопрепаратами оно было наибольшим (14,0 %), с орошением и использованием нанопрепаратов на фоне КМН – не превышало 13,4 %. То же наблюдали в 2019 году. В среднем за три года в контроле при осушении этот показатель был на 0,8 % выше контрольного варианта с орошением. В вариантах с нанопрепаратами на фоне КМН зерно отличалось повышенной белковостью и при поливе (11,8 %) и без него (12,2 %).

Выводы. В ходе трехлетнего эксперимента определено влияние нанопрепаратов на продуктивность яровой пшеницы в условиях регулирования водного режима дерново-подзолистой легкосуглинистой глееватой почвы. Получена математически доказанная прибавка урожайности в вариантах опыта с применением нанопрепаратов относительно контроля. Самая высокая урожайность отмечена при их совместном использовании с КМН.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ананян, М.А. Возможности использования нанотехнологий в агропромышленном комплексе / М.А. Ананян // Применение нанотехнологий и наноматериалов в АПК: сборник докладов. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – С. 6–11.

2. Афонина, И.А. Биосинтез наночастиц серебра с использованием растительных экстрактов / И.А. Афонина, Н.Е. Афонина, Т.Е. Никифорова // Novainfo, – 2019. – № 107. – С. 1–4. URL: <https://novainfo.ru/> (дата обр. 27.01.2022).

3. Глазко, В.И. Нанотехнологии и наноматериалы в сельском хозяйстве / В.И. Глазко, С.Л. Белопухов – М.: РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева, 2008. – 228 с.

4. Горелкин, П. Синтез наночастиц с использованием растений / П. Горелкин, Н. Калинина, А. Лав // Наноиндустрия. – 2012. – Вып. 7. – С. 16–22.

5. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Часть 2. «Агрохимикаты» – М.: Минсельхоз РФ, 2021. – 763 с.

6. Зинковский, В.Н. Теория и технологии комплексного управления плодородием осушаемых почв с использованием эффективных приемов и средств биологической мелиорации / В.Н. Зинковский, Т.С. Зинковская – Тверь: ТГУ, 2018. – 267 с.

7. Крутиков, Ю.А. Синтез и свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы / Ю.А. Крутиков, А.А. Кудринский, А.Ю. Олейник // Успехи химии. – 2008. – Т. 77. – № 3. – С. 242–269.

8. Мазуренко, В.В. Наночастицы, наноматериалы, нанотехнологии: учебное пособие / В.В. Мазуренко, А.Н. Руденко, В.Г. Мазуренко – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2009. – 102 с.

9. Макаров, В.В. «Зеленые» нанотехнологии: синтез металлических наночастиц с использованием растений / В.В. Макаров [и др.] // Acta Naturae. – 2014. – Т. 6. – № 1 (20). – С. 37–47.

10. Минеев, В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев, В.Г. Сычѳ, Г.П. Гамзиков и др. // (Органические удобрения, ч. 6). – М.: ВНИИА, 2017. – С. 419–495.

11. Омельченко, А.В. Стимулирующее действие наночастиц серебра на рост и развитие растений пшеницы / А.В. Омельченко [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета. Серия «Биология, химия». – 2014. – Т. 27 (66). – № 1. – С. 127–135.

12. Рабинович, Г.Ю. Научные основы, опыт продвижения и перспективы биотехнологических разработок / Г.Ю. Рабинович. – Тверь: ТГУ, 2016. – 195 с.

13. Федоренко, В.Ф. Нанотехнологии и наноматериалы в агропромышленном комплексе / В.Ф. Федоренко. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 312 с.

14. Юрин, В.М. Наноматериалы и растения: взгляд на проблему / В.М. Юрин, О.В. Молчан // Тр. БГУ. Серия физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем – Минск, Беларусь, 2015. – С. 9–21.

15. Kuppusamy, P. Biosynthesis of metallic nanoparticles using plant derivatives and their new avenues in pharmacological applications – An updated report / P. Kuppusamy, M.M. Yusoff, N. Govindan // Saudi Pharm. J. – 2015.

LIST OF SOURCES

1. Ananyan, M.A. Vozmozhnosti ispol'zovaniya nanotekhnologii v agropromyshlennom komplekse / M.A. Ananyan // Primeneniye nanotekhnologii i nanomaterialov v APK: sbornik dokladov. – M.: FGNU «Rosinformagrotekh», 2008. – S. 6–11.

2. Afonina, I.A. Biosintez nanochastits serebras ispol'zovaniyem rastitel'nykh ekstraktov / I.A. Afonina, N.Ye. Afonina,

- T.Ye. Nikiforova // Novainfo, – 2019. – № 107. – С. 1–4. URL: [https \(data obr. 27.01.2022\)](https://data.obr.27.01.2022).
3. Glazko, V. I. Nanotekhnologii i nanomaterialy v sel'skom khozyaystve / V.I. Glazko, S.L. Belopukhov – M.: RGAU–MSKHA im. K.A. Timiryazeva, 2008. – 228 s.
 4. Gorelkin, P. Sintez nanochastits s ispol'zovaniyem rasteniy / P. Gorelkin, N. Kalinina, A. Lav // Nanoindustriya. – 2012. – Vyp. 7. – С. 16–22.
 5. Gosudarstvennyy katalog pestitsidov i agrokhimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossiyskoy Federatsii. Chast' 2. «Agrokhimikaty» – M.: Minsel'khos RF, 2021. – 763 s.
 6. Zinkovskiy, V.N. Teoriya i tekhnologii kompleksnogo upravleniya plodorodiyem osushayemykh pochv s ispol'zovaniyem effektivnykh priyomov i sredstv biologicheskoy melioratsii / V.N. Zinkovskiy, T.S. Zinkovskaya – Tver': TGU, 2018. – 267 s.
 7. Krutikov, Yu.A. Sintez i svoystva nanochastits serebra: dostizheniya i perspektivy / Yu.A. Krutikov, A.A. Kudrinskiy, A.Yu. Oleynik // Uspekhi khimii. – 2008. – T. 77. – № 3. – С. 242–269.
 8. Mazurenko, V.V. Nanochastitsy, nanomaterialy, nanotekhnologii: uchebnoye posobiye / V.V. Mazurenko, A.N. Rudenko, V.G. Mazurenko – Yekaterinburg: UGTU–UPI, 2009. – 102 s.
 9. Makarov, V.V. «Zelenyye» nanotekhnologii: sintez metallicheskikh nanochastits s ispol'zovaniyem rasteniy / V.V. Makarov [i dr.] // Acta Naturae. – 2014. – T. 6 – № 1 (20). – С. 37–47.
 10. Mineyev, V.G. Agrokhimiya / V.G. Mineyev, V.G. Sychov, G.P. Gamzikov i dr. // (Organicheskiye udobreniya, ch. 6). – M.: VNIIA, 2017. – С. 419–495.
 11. Omel'chenko, A.V. Stimuliruyushcheye deystviye nanochastits serebra na rost i razvitiye rasteniy pshenitsy / A.V. Omel'chenko [i dr.] // Uchenyye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta. Seriya «Biologiya, khimiya». – 2014. – T. 27 (66). – № 1. – С. 127–135.
 12. Rabinovich, G.Yu. Nauchnyye osnovy, opyt prodvizheniya i perspektivy biotekhnologicheskikh razrabotok / G.Yu. Rabinovich. – Tver': TGU, 2016. – 195 s.
 13. Fedorenko, V.F. Nanotekhnologii i nanomaterialy v agropromyshlennom komplekse / V.F. Fedorenko. – M.: FG-BNU «Rosinformagrotekh», 2011. – 312 s.
 14. Yurin, V.M. Nanomaterialy i rasteniya: vzglyad na problemu / V.M. Yurin, O.V. Molchan // Tr. BGU. Seriya fiziologicheskkiye, biokhimicheskkiye i molekulyarnyye osnovy funktsionirovaniya biosistem – Minsk, Belarus', 2015. – С. 9–21.
 15. Kuppusamy, P. Biosynthesis of metallic nanoparticles using plant derivatives and their new avenues in pharmacological applications – An updated report / P. Kuppusamy, M.M. Yusoff, N. Govindan // Saudi Pharm. J. – 2015.