Научная статья
УДК 631.86:31.87
doi: 10.55186/25876740_2022_65_3_313

# РОЛЬ НАНОПРЕПАРАТОВ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОСУШАЕМОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

**Т.С. Зинковская, Г.Ю. Рабинович**
Почвенный институт им.В.В. Докучаева, Москва, Россия

***Аннотация.*** В ходе трёхлетнего эксперимента (2019-2021 гг.) изучалось влияние современных биологических средств, представленных нанопрепаратами н-БоГум и фульвогуматом «Иван Овсинский», а также компостом многоцелевого назначения (КМН) на продуктивность яровой пшеницы и некоторые показатели плодородия дерново-подзолистой осушаемой почвы. Препараты изучались как отдельно, так и на фоне компоста многоцелевого назначения. При снижении влажности в слое 0-50 см до 70 % от ППВ осуществлялось регулирование водного режима. Наибольшее влияние на продуктивность яровой пшеницы и агрохимические показатели почвы оказало совместное применение нанопрепаратов с компостом многоцелевого назначения при оптимальном увлажнении. На этих вариантах в среднем за три года при некорневой обработке растений н-БоГум и фульвогуматом «Иван Овсинский» урожайность составила 35,2- 35,8 ц/га, прибавка к фону (КМН) достигла 18-20 %. Действие нанопрепаратов на урожайность яровой пшеницы было практически одинаковым. В первый год проводимых исследований при внесении КМН наблюдалось увеличение содержания подвижного фосфора и калия на 4-6 мг/100 г почвы. К уборке происходил их интенсивный вынос с наибольшим урожаем, полученным при орошении в вариантах с совместным внесением КМН и обоих видов нанопрепаратов. На этих же вариантах к концу эксперимента (третий год исследований) при оптимальном увлажнении отмечено увеличение элементов питания на 2 мг/100 г почвы от исходного содержания, связанное с активизацией микробиологической деятельности за счёт богатого микрофлорой биоудобрения. В остальных вариантах наблюдалось уменьшение подвижного фосфора на 2-3 мг/100 г почвы, но он остался в группе высокого содержания. Что касается калия, то к концу проведения опыта отмечали его отрицательный баланс (кроме вариантов КМН с нанопрепаратами), поэтому необходима компенсация по этому элементу для поддержания исходного уровня плодородия почвы.

***Ключевые слова****:* нанопрепараты, биоудобрение компост многоцелевого назначения, водный режим, яровая пшеница, азот, фосфор, калий, плодородие дерново-подзолистой почвы

Original article

# THE ROLE OF NANOPREPARATIONS IN THE FORMATION OF SPRING WHEAT PRODUCTIVITY AND THEIR INFLUENCE ON AGROCHEMICAL INDICATORS OF DRAINED SODDY-PODZOLIC SOIL

**T.S. Zinkovskaya, G.Yu. Rabinovich**
V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia

***Abstract.*** In the course of a three-year experiment (2019-2021), the influence of modern biological agents represented by nanopreparations n-BoHum and Ivan Ovsinsky fulvohumate, as well as multi-purpose compost (KMN) on the productivity of spring wheat and some fertility indicators of soddy-podzolic drained soil was studied. The preparations were studied both separately and against the background of multi-purpose compost. With a decrease in humidity in the 0-50 cm layer to 70 % of the limiting field moisture capacity, the water regime was regulated. On these options, on average for three years, with foliar treatment of plants with n-BoHum and Ivan Ovsinsky fulvohumate, the yield was 35.2-35.8 c/ha, the increase to the background (KMN) reached 18-20 %. The effect of nanopreparations on the yield of spring wheat was almost the same. In the first year of research, when applying KMN, an increase in the content of mobile phosphorus and potassium by 4-6 mg/100 g of soil was observed. By harvesting, their intensive removal took place with the highest yield obtained during irrigation in variants with the joint application of KMN and both types of nanopreparations. On the same variants, by the end of the experiment (the third year of research), with optimal moisture, an increase in nutrients by 2 mg/100 soil from the initial content was noted, associated with the activation of microbiological activity due to biofertilizer rich in microflora. In other variants, a decrease in available phosphorus by 2–3 mg/100 g of soil was observed, but it remained in the high content group. As for potassium, by the end of the experiment, its negative balance was noted (except for the KMN variants with nanopreparations), therefore, compensation for this element is necessary to maintain the initial level of soil fertility.

***Keywords:*** *nanopreparations, biofertilizer multi-purpose compost, water regime, spring wheat, nitrogen, phosphorus, potassium, fertility of sod-podzolic soil*

**Введение.** В современных условиях уровень техногенной и антропогенной нагрузки на агроэкосистемы постоянно возрастает, что, снижая их устойчивость, требует все больших энергетических и материальных затрат для поддержания оптимального функционирования. К тому же большинство почв Нечерноземной зоны РФ ввиду своего генезиса обладают невысоким уровнем плодородия и требуют постоянного пополнения элементами питания для возделывания сельскохозяйственных растений. Данная потребность существенно усилилась с конца XX века в связи с падением культуры земледелия и ростом цен на минеральные удобрения. В этой связи важнейшим направлением в проблеме обеспечения снижения степени зависимости продуктивности сельскохозяйственных культур от самых разнообразных лимитирующих факторов следует признать использование удобрений и биосредств (препаратов, иммуномодуляторов) нового поколения. В настоящее время одним из таких направлений исследований является применение наноразмерных препаратов в растениеводстве.

Нанопрепараты за счёт размера активных частиц от 1 до 100 нм способствуют ускорению обменных процессов, обеспечивают синтез ферментов, повышают иммунитет растений [11,13], а также могут адсорбировать значительное количество контаминантов и транспортировать их внутрь растительных клеток [1,9,11,13]. Всё это в совокупности способствует увеличению урожайности, созданию индукторов стрессоустойчивости сельскохозяйственных растений к неблагоприятным факторам окружающей среды и т.д. [5, 6,7].



© Зинковская Т.С., Рабинович Г.Ю., 2022

**Цель исследований.** Цель исследований — изучить влияние нанопрепаратов н-БоГум и фульвогумат «Иван Овсинский» как при отдельном применении, так и на фоне органического удобрения нового поколения (биоудобрения) — компоста многоцелевого назначения (КМН) на продуктивность яровой пшеницы и некоторые показатели плодородия дерново-подзолистой глееватой легкосуглинистой почвы при регулировании водно-воздушного режима.

**Материалы и методы.** Исследования проводились в 2019-2021 гг. 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. Почва опыта дерново-подзолистая глееватая легкосуглинистая с повышенным содержанием фосфора, средним содержанием калия, слабокислой реакцией среды. Изучаемая культура — яровая пшеница сорта Иргина. Опыты проводились на осушаемой почве, а при снижении влажности в слое 0-50 см до 70 % ППВ осуществлялось регулирование водного режима. Схема опыта включала следующие варианты:

**I. Осушаемая почва**

1. Контроль без удобрений
2. Фульвогумат
3. н-БоГум
4. КМН 10 т/га
5. КМН 10 т/га + фульвогумат
6. КМН 10 т/га + н-БоГум

**II. Осушаемая почва + орошение**

1. Контроль без удобрений
2. Фульвогумат
3. н-Богум
4. КМН 10 т/га
5. КМН 10 т/га + фульвогумат
6. КМН 10 т/га + н-БоГум

Нанопрепараты изучали как отдельно, так и на фоне экологически чистого высокоэффективного биоудобрения — компоста многоцелевого назначения (КМН), технология производства которого методом аэробной твёрдофазной ферментации органического сырья разработана во ВНИИМЗ.

Компост многоцелевого назначения вносили на соответствующие варианты опыта в дозе 10 т/га в начале эксперимента с учётом подтверждённой в ранее проведённых опытах его пролонгации [4,10].

Используемый препарат фульвогумат «Иван Овсинский» содержит соли гуминовых кислот, фульвовую кислоту, микро и макроэлементы с измельчением гуминовых цепочек до наноразмеров [2]. При этом он обладает протекторными свойствами, является стимулятором роста и т.д. Подобные свойства имеет и гуминовый препарат ВНИИМЗ с наночастицами н-БоГум.

Растения яровой пшеницы опрыскивались нанопрепаратами в течение вегетации с промежутком 15 дней, включая фазу колошения. Дозы препаратов рассчитывались в соответствии с рекомендациями по их применению.

Статистическую обработку результатов экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа [3] с использованием компьютерных программ обработки данных. Анализ почвы выполнен по общепринятым методикам [9] в лаборатории массовых анализов ВНИИМЗ.

**Результаты и обсуждение.** Годы проведения исследований различались количеством и периодичностью выпадающих осадков. Так, в 2019 г. от посева до уборки пшеницы было отмечено 381 мм осадков. В 2020 г. за время вегетации выпало 489 мм осадков, а в 2021 г. всего 223 мм при норме 296 мм. Выпадающие осадки характеризовались периодичностью и носили флуктуационный характер. Самым засушливым оказался период вегетации яровой пшеницы в 2021 г., когда в июле был перекрыт абсолютный температурный максимум за всё время наблюдений — температура достигала 34°С, а ГТК составил 0,36. На соответствующих вариантах опыта необходимы были поливы, способствующие поддержанию влажности в слое 0-50 см на уровне 70 % от ППВ. Было проведено 4 полива нормами 320 — 360 — 420 — 280 м³/га (рис. 1). На рисунке 1 видно как опускалась влажность почвы на вариантах без полива, которая в критический момент составила 20 % от ППВ.

В ходе эксперимента самая высокая урожайность яровой пшеницы была получена в первый год исследований. Применение нанопрепаратов фульвогумат «Иван Овсинский» и н-Богум способствовало получению математически доказанной прибавки урожая на изучаемых фонах. Причём, наибольшая урожайность отмечена при совместном использовании нанопрепаратов с компостом многоцелевого назначения на фоне орошения.

Так, в варианте КМН+фульвогумат в 2019 г. она составила 47,9 ц/га, в варианте КМН+н-БоГум соответственно 46,8 ц/га. В процентном отношении прибавка к КМН в первом случае была 24,4 %, во втором — 21,5 %. На вариантах без КМН с использованием фульвогумата и н-БоГум также получен математически доказанный урожай относительно контроля как на осушаемой почве, так и при орошении. Действие на урожайность пшеницы препаратов фульвогумат «Иван Овсинский» и н-БоГум было практически одинаковым. Тенденция влияния изучаемых биосредств на продуктивность культуры сохранилась в среднем за три года. На рисунке 2 представлены трёхлетние данные урожайности пшеницы на изучаемых вариантах опыта.

Наибольшую продуктивность пшеницы во все годы исследований обеспечили поливные варианты с нанопрепаратами на фоне КМН, связанную как с поддержанием оптимальной влажности в течение вегетационного периода, так и с удобрительными свойствами и микробиологической активностью последнего. Это положительным образом отразилось на усилении действия изучаемых нанопрепаратов фульвогумата и н-БоГума. На орошаемых вариантах в среднем за три года урожайность пшеницы при совместном внесении КМН с препаратами составила 35,8 ц/га, без полива — 28,3 ц/га. Прибавка к КМН от нанопрепаратов колебалась в среднем за три года от 18 % до 20 % на поливных вариантах и от 11 % до 13 % на неполивных.

Одним из путей восстановления утраченного в последние годы плодородия осушаемых земель Нечернозёмной зоны является применение современных прикладных биотехнологий, способных восстановить почвенное плодородие и обеспечить повышение урожайности сельскохозяйственных культур за счёт комплексного влияния на растения (удобрительные, протекторные, иммуномодулирующие функции и т.д.).

Почвенные образцы, взятые перед закладкой опыта, показали относительную выравненность в содержании подвижных форм элементов питания. Среднее содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) составило 23,0 и выше мг/100 г почвы (группа высокого содержания).

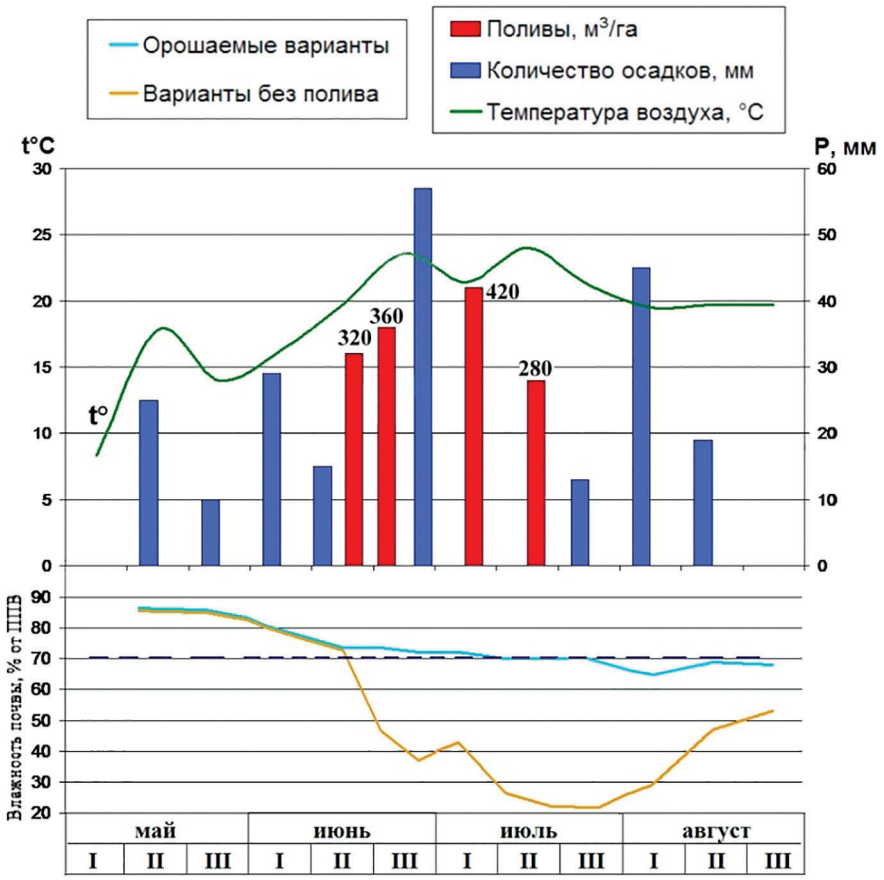


Рисунок 1. **Динамика влажности почвы в слое 0-50 см под пшеницей при различном увлажнении в 2021 г.**
Figure 1. **Dynamics of soil moisture in a layer of 0-50 cm under wheat with different moisture in 2021**

Количество легкогидролизуемого азота находилось в пределах 3,4-4,5 мг/100 г почвы (низкое и среднее содержание). Количество подвижного калия было повышенным: от 15,0 до16,0 мг/100 г почвы.

Многочисленными исследованиями выявлено, что в дерново-подзолистых почвах Нечернозёмной зоны наиболее лимитируемым элементом питания выступает азот, который является важным показателем плодородия [8,12]. В связи с этим, применение органических удобрений нового поколения (на примере компоста многоцелевого назначения), использование нанопрепаратов, позволяет улучшить азотное питание возделываемых культур на осушаемой дерново-подзолистой почве.

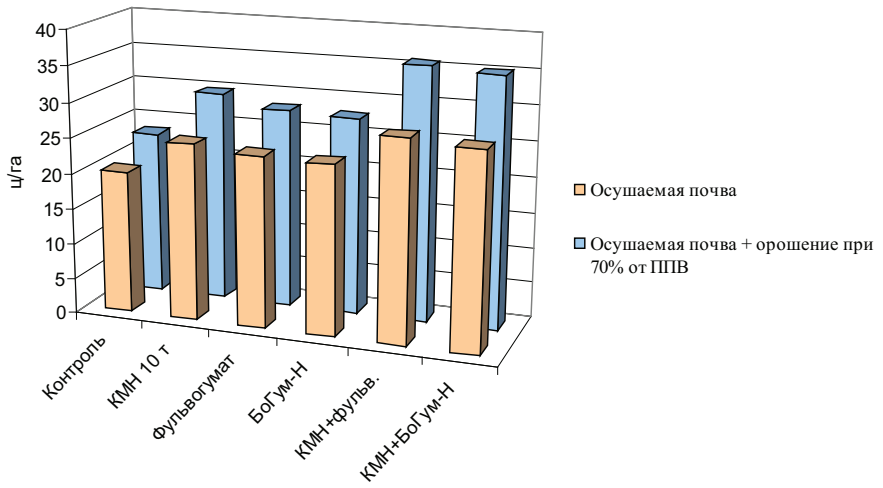


Рисунок 2. **Урожайность яровой пшеницы в зависимости от биосредств (среднее за 2019-2021 гг.), ц/га**
Figure 2. **Yield of spring wheat depending on biological agents (average for 2019-2021), centner/ha**

В ходе эксперимента наблюдалось различное содержание минерального азота по вариантам. Сезонные закономерности образования и накопления этого элемента связаны с микробиологической деятельностью, удобрениями, погодными условиями. До закладки опыта количество минерального азота составляло около 4,0 мг на 100 г почвы. После внесения изучаемых средств идёт пополнение запасов минерального азота в почве. В период активного потребления элементов питания (цветение-колошение) происходит снижение минерального азота по всем вариантам опыта, связанное с уменьшением количества как нитратной, так и аммиачной форм азота. В августе, в период уборки в условиях тёплой и влажной погоды идёт вновь увеличение минерального азота.

Самое большое содержание минерального азота наблюдалось в период уборки на поливных вариантах с фульвогуматом и н-БоГум на фоне КМН. Минеральный азот составил здесь от 5,49 до 5,60 мг/100 г почвы. На поливных вариантах с КМН, но без нанопрепаратов, содержание было 4,85-4.90 мг/100 г и на контроле без удобрений (абсолютный контроль) равнялось 2,30 мг/100 г почвы. На неполивных вариантах содержание минерального азота к уборке с препаратами на фоне компоста многоцелевого назначения колебалось от 4,50 до 4,62 мг на 100 г почвы.

Как известно, динамика фосфора в почве зависит от многочисленных факторов, в том числе

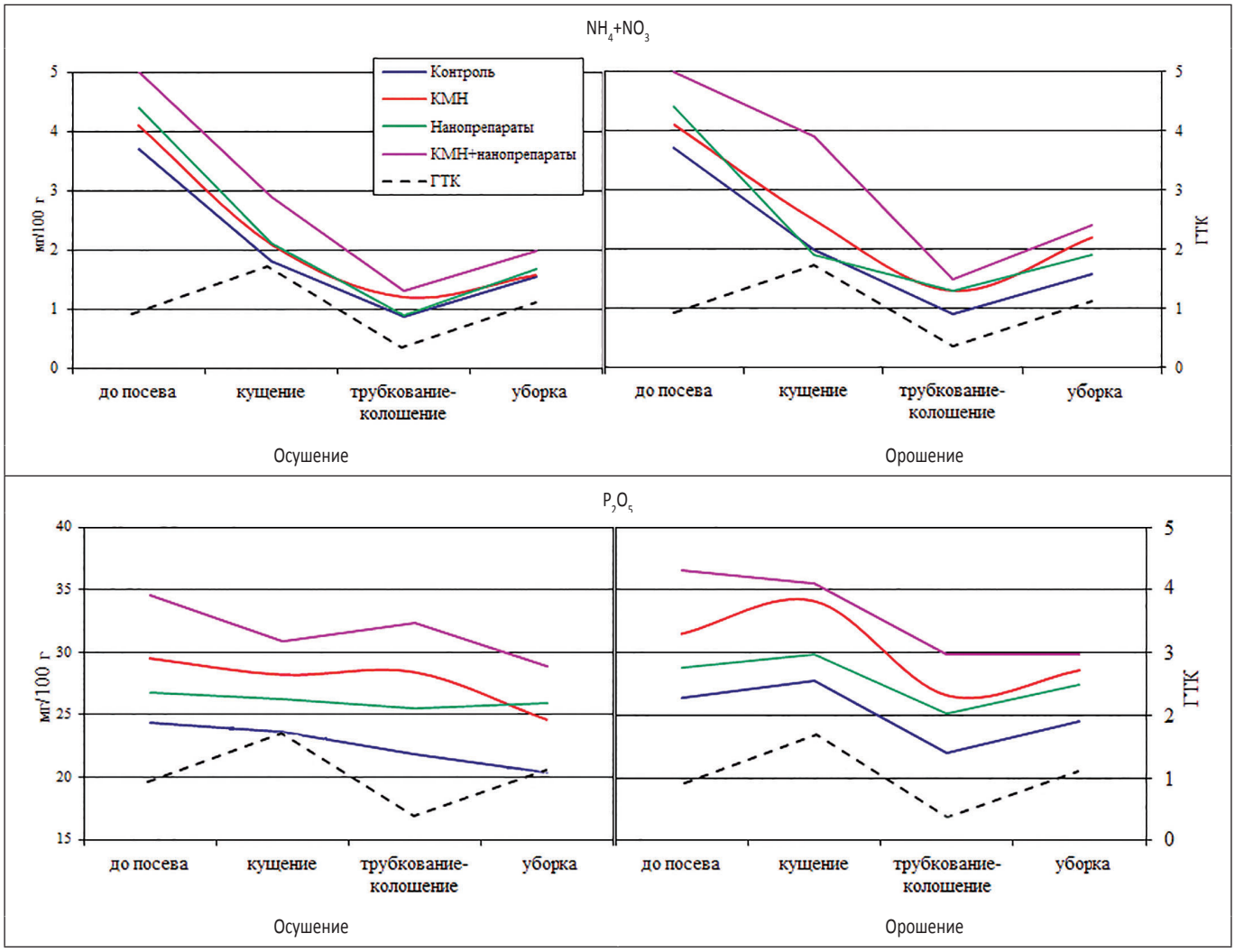


Рисунок 3. **Динамика элементов питания в почве под яровой пшеницей в зависимости от видов биосредств и увлажненности (ГТК), 2021 г.**
Figure 3. **Dynamics of nutrients in the soil under spring wheat, depending on the types of biological agents and moisture content (HTC), 2021**

и от процессов трансформации вносимых субстратов. В фазу кущения в вариантах с КМН наблюдается увеличение этого элемента на 3,0 мг на 100 г почвы на неполивных вариантах и более 4,0 мг на вариантах с орошением. Фосфор остаётся на уровне высокого исходного содержания за счёт самого органического вещества и содержащихся в нем фосфатмобилизующих микроорганизмов. Самое большое количество подвижного фосфора отмечено при обработке растений пшеницы нанопрепаратами на фоне КМН. На поливных вариантах оно составило около 29,0 мг на 100 г почвы и было на 2,0 мг больше относительно вариантов с компостом многоцелевого назначения без нанопрепаратов. К уборке наблюдается уменьшение $P_2O_5$ на всех вариантах опыта, кроме поливных вариантов с нанопрепаратами на фоне КМН. На контроле снижение фосфора (от посева до уборки) составило около 3 мг/100 г почвы.

Что касается калия, то на вариантах без компоста многоцелевого назначения к уборке первого года исследований шло его уменьшение около 2 мг на 100 г почвы. В вариантах с компостом многоцелевого назначения к концу вегетации содержание подвижного калия в почве остались близким к исходному (15-17 мг/100 г). Максимальный вынос калия наблюдался в фазу активного потребления этого элемента (цветение-колошение), особенно на поливных вариантах при совместном использовании КМН и нанопрепаратов. Здесь отмечено и наибольшее формирование урожая.

Динамика элементов питания (минерального азота и подвижного фосфора), содержание которых колебалось по годам и в течение периодов вегетации, зависящая от уровня удобренности, увлажнённости почвы и других факторов показана на примере третьего года исследований (рис. 3).

К концу эксперимента в почве всех изучаемых вариантах происходило снижение подвижного калия относительно исходного уровня, кроме орошаемых вариантов с нанопрепаратами по фону КМН. На поливных вариантах с формированием более высокого урожая пшеницы происходил и повышенный вынос элементов питании в сравнении с неполивными вариантами. Уменьшение содержания подвижного фосфора наблюдалось на контроле и на вариантах с нанопрепаратами без фона КМН на 2-3 мг/100 г почвы, но он остался в группе высокого содержания. В вариантах с оптимальным увлажнением при применении компоста многоцелевого назначения с нанопрепаратами количество $P_2O_5$ превышало исходные показатели перед закладкой опыта на 2-3 мг/100 г почвы. Это подчёркивает усиление микробиологического влияния на мобилизацию питательных веществ из почвенных запасов при совместном использовании КМН и нанопрепаратов.

**Выводы.** Таким образом, в ходе проведённых исследований в условиях регулирования водного режима дерново-подзолистой легкосуглинистой глееватой почвы определено влияние нанопрепаратов как отдельно, так и на фоне компоста многоцелевого назначения (КМН) на продуктивность яровой пшеницы и некоторые показатели плодородия. Получена математически доказанная прибавка урожая на вариантах опыта с применением нанопрепаратов относительно контроля. Самая высокая прибавка урожая в среднем за три года отмечена на поливных вариантах при совместном применении нанопрепаратов и КМН. Она составила относительно КМН от 18 % до 20 % при регулировании водного режима и от 11 % до 13 % на вариантах без полива. Действие применяемых нанопрепаратов было практически одинаковым.

В процессе изучения биосредств показано изменение содержания элементов питания под яровой пшеницей. К уборке происходил их интенсивный вынос с наибольшим урожаем, полученным при орошении в вариантах с КМН и нанопрепаратами, но на этих же вариантах к концу эксперимента (третий год исследований) при оптимальном увлажнении отмечено увеличение элементов питания на 2 мг/100 почвы от исходного содержания, связанное с активизацией микробиологической деятельности биоудобрения КМН. На остальных вариантах наблюдалось уменьшение подвижного фосфора на 2-3 мг/100 г почвы, но он остался в группе высокого содержания. Что касается калия, то к концу проведения опыта отмечен его отрицательный баланс (кроме вариантов КМН с нанопрепаратами), в связи с этим требуется компенсация для поддержания исходного уровня плодородия почвы по этому элементу.

## Список источников


1. Афонина И.А., Афонина Н.Е., Никифорова Т.Е. Биосинтез наночастиц серебра с использованием растительных экстрактов // Novainfo. 2019. № 107. С. 1-4.
2. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Часть 2 «Агрохимикаты». М.: Минсельхоз РФ, 2021. 763 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Зинковский В.Н., Зинковская Т.С. Теория и технологии комплексного управления плодородием осушаемых почв с использованием эффективных приёмов и средств биологической мелиорации. Тверь: ТГУ, 2018. 267 с.
5. Kuppusamy, P, Yusoff, M.M., Govindan, N. (2016). Biosynthesis of metallic nanoparticles using plant derivatives and their new avenues in pharmacological applications // *An updated report. Saudi Pharmaceutical Journal* Jul; 24(4):473-84.
6. Мазуренко В.В., Руденко А.Н., Мазуренко В.Г. Наночастицы, наноматериалы, нанотехнологии. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. 102 с.
7. Макаров В.В. «Зеленые» нанотехнологии: синтез металлических наночастиц с использованием растений // Acta Naturae. 2014. Т. 6. № 1 (20). С.37-47.
8. Минеев В.Г., Сычёв В.Г., Гамзиков Г.П. и др. Агрохимия. М.: ВНИИА, 2017. 854 с.
9. Практикум по агрохимии. Под ред. В.Г. Минеева. М.: МГУ, 1989. 304 с.
10. Рабинович Г.Ю. Научные основы, опыт продвижения и перспективы биотехнологических разработок. Тверь: ТГУ, 2016. 195 с.
11. Федоренко В.Ф. Нанотехнологии и наноматериалы в агропромышленном комплексе. М.: ФГБНУ«Росинформагротех», 2011. 312 с.
12. Шеуджен А.Х., Куркаев В.Т., Котляров Н.С. Агрохимия. Майкоп: «Афиша», 2006. 1074 с.
13. Юрин В.М., Молчан О.В. Наноматериалы и растения: взгляд на проблему // Труды БГУ. Серия физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. Минск, Беларусь, 2015. С. 9-21.


## References


1. Afonina, I.A., Afonina, N.Ye., Nikiforova, T.Ye. (2019). Biosintez nanochastits serebra s ispol'zovaniyem rastitel'nykh ekstraktov [Biosynthesis of silver nanoparticles using plant extracts]. *Novainfo* [Novainfo], no. 107, pp. 1-4.
2. *Gosudarstvennyy katalog pestitsidov i agrokhimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossiyskoy Federatsii. Chast' 2 «Agrokhimikaty»* (2021). [Agrochemicals]. Moscow: Ministry of Agriculture of the Russian Federation, 763 p.
3. Dospekhov B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta* [Methods of field experience.]. Moscow: *Agropromizdat*, 351 p.
4. Zinkovskiy V.N., Zinkovskaya, T.S. (2018). *Teoriya i tekhnologii kompleksnogo upravleniya plodorodiyem osushayemykh pochv s ispol'zovaniyem effektivnykh priyomov i sredstv biologicheskoy melioratsii* [Theory and technologies of integrated management of the fertility of drained soils using effective methods and means of biological reclamation]. Tver: *trudyTGU*, 267 p.
5. Kuppusamy P, Yusoff M.M., Govindan N. (2016). Biosynthesis of metallic nanoparticles using plant derivatives and their new avenues in pharmacological applications // *An updated report. Saudi Pharmaceutical Journal,* Jul, 24(4):473-84.
6. Mazurenko V.V., Rudenko A.N., Mazurenko V.G. (2009). *Nanochastitsy, nanomaterialy, nanotekhnologii* [Nanoparticles, nanomaterials, nanotechnologies]. Ekaterinburg: *USTU-UPI*, 102 p.
7. Makarov V.V. (2014). *«Zelenyye» nanotekhnologii: sintez metallicheskikh nanochastits s ispol'zovaniyem rasteniy* ["Green" nanotechnologies: synthesis of metal nanoparticles using plants]. *Acta Naturae* [Acta Naturae], vol. 6, no. 1 (20). pp.37-47.
8. Mineyev V.G., Sychov V.G., Gamzikov G.P. i dr. (2017). *Agrokhimiya* [Agrochemistry]. Moscow: *VNIIA*, 854 p.
9. *Praktikum po agrokhimii*( 1989). Pod red. V.G. Mineyeva [Workshop on agricultural chemistry]. Moscow: *MGU,* 304 p.
10. Rabinovich G.YU. (2016). *Nauchnyye osnovy, opyt prodvizheniya i perspektivy biotekhnologicheskikh razrabotok* . [Scientific foundations, promotion experience and prospects for biotechnological developments]. Tver: *TGU*, 195 p.
11. Fedorenko V.F. (2011). *Nanotekhnologii i nanomaterialy v agropromyshlennom komplekse* [Nanotechnologies and nanomaterials in the agro-industrial complex]. Moscow: *Rosinformagrotech*, 312 p.
12. Sheudzhen A.KH., Kurkayev V.T., Kotlyarov N.S. (2006). *Agrokhimiya* [Agrochemistry]. Maikop: *Afisha*, 1074 p.
13. Yurin V.M., Molchan O.V. (2015). Nanomaterialy i rasteniya: vzglyad na problem [Nanomaterials and plants: a look at the problem]. *Trudy BGU. Seriya fiziologicheskiye, biokhimicheskiye i molekulyarnyye osnovy funktsionirovaniya biosistem* [Proceedings of the Belarusian State University. A series of physiological, biochemical and molecular foundations of the functioning of biosystems]. Minsk, Belarus, pp. 9-21.



*Информация об авторах:*

**Зинковская Татьяна Степановна,** кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией плодородия, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, ORCID: http://orcid.org/0000-0003-3546-9637, 2016vniimz-noo@list.ru

**Рабинович Галина Юрьевна,** доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая отделом биотехнологий, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, ORCID: http://orcid.org/0000-0002-5060-6241, 2016vniimz-noo@list.ru

*Information about the authors:*

**Tatyana S. Zinkovskaya,** candidate of agricultural sciences, leading researcher, head of the fertility laboratory, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, ORCID: http://orcid.org/0000-0003-3546-9637, 2016vniimz-noo@list.ru

**Galina Y. Rabinovich,** doctor of biological sciences, professor, chief researcher, head of the department of biotechnology, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, ORCID: http://orcid.org/0000-0002-5060-6241, 2016vniimz-noo@list.ru

✉ **2016vniimz-noo@list.ru**