

Научная статья
УДК 631.559:633.1:631.89
doi: 10.55186/25876740_2023_66_4_398

УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БИОПРЕПАРАТОВ НА ФОНЕ ВНЕСЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ НА УДОБРЕНИЕ

Г.М. Брескина, Н.П. Масютенко, Н.А. Чуюн

Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты, полученные на базе ФГБНУ «Курский ФАНЦ» в стационарном полевом опыте с биопрепаратами, заложенном в 2018 г. (Курская обл., Медвенский р-н, п. Панино) на черноземе типичном слабоэродированном тяжелосуглинистом. Изучали влияние биопрепаратов, содержащих почвенный гриб *Trichoderma longibrachiatum* и бактерии рода *Lactobacillus*, на урожайность зерна кукурузы и овса ярового при применении растительных остатков предшествующей культуры. Схема опыта включала 7 вариантов. На всех вариантах опыта, кроме контроля, после уборки культуры вносили измельченную побочную продукцию на удобрение (осенний период). Для усиления минерализации соломы на варианте 3 дополнительно вносили азотные удобрения из расчета 10 кг д.в. N на 1 т соломы, на варианте 4 — известь 1,5 т/га, на вариантах 5, 6 и 7 использовали биопрепараты: для обработки измельченной побочной продукции (осенний период) и семян, посевов 2 раза в течение вегетации (весенне-летний период), при этом на варианте 6 дополнительно вносили 10 кг д.в. N на 1 т побочной продукции, а на варианте 7 — известь 1,5 т/га. Инокуляция растительных остатков озимой пшеницы, используемых для удобрения кукурузы, способствовала активному росту початка (до 18,2 см) и возрастанию его озерненности до 602 шт., что увеличило урожайность на 0,9 т/га по сравнению с контролем при $НСР_{05}=0,57$ т/га. В комплексе с азотными удобрениями или известью положительное действие биопрепаратов усилилось. Максимальный урожай зерна кукурузы — 5,1 т/га был получен на варианте с известью. Инокуляция биопрепаратами растительных остатков гречихи, используемых для удобрения, позволила увеличить урожай зерна овса на 1,68 т/га при $НСР_{05}=0,39$ т/га, в комплексе с азотными удобрениями прибавка составила 2,02 т/га, в комплексе с известью — 2,47 т/га.

Ключевые слова: кукуруза, овес, урожайность, биопрепараты, растительные остатки, известь, азотные удобрения

Original article

GRAIN CROP YIELDS WHEN USING BIOPREPARATIONS AGAINST THE BACKGROUND OF CROP RESIDUES APPLIED FOR FERTILIZER

G.M. Breskina, N.P. Masyutenko, N.A. Chuyan

Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russia

Abstract. The article presents the results obtained on the basis of FSBSI "Kursk FARC" in a stationary field experiment with biopreparations, laid in 2018 (Kursk region, Medvensky district, Panino settlement) on typical slightly eroded heavy loamy chernozem. The effect of biological preparations containing soil fungus *Trichoderma longibrachiatum* and bacteria of the genus *Lactobacillus*, on grain yield of maize and spring oats when applying crop residues of the preceding crop was studied. The experimental design included 7 variants. In all the variants of the experiment, except the control, crushed by-products were applied for fertilization (in autumn) after harvesting the crop. To increase the mineralization of straw in variant 3 nitrogen fertilizers at the rate of 10 kg of NPPN per 1 t of straw, and 1,5 t/ha of lime for variant 4 were additionally applied, for variants 5, 6 and 7 biopreparations were used for treatment of crushed by-products (in autumn) and seeds, and crops twice during vegetation (in spring and summer) 10 kg of NPPN per 1 ton of by-products in variant 6, and 1.5 t/ha of lime in variant 7 were additionally applied. Inoculation of plant residues of winter wheat used to fertilize maize promoted active growth of the cob (up to 18.2 cm) and an increase in its grain number to 602 pieces, which increased the yield by 0.9 t/ha compared to control, with $LSD_{05}=0.57$ t/ha. In combination with nitrogen fertilizers or lime the positive effect of biopreparations increased. The maximum maize yield of 5.1 t/ha was obtained in the variant with lime. Inoculation of buckwheat plant residues used for fertilization with biopreparations resulted in increased oat grain yield by 1.68 t/ha at $LSD_{05}=0.39$ t/ha, in the complex with nitrogen fertilizers an increase was 2.02 t/ha, in with lime it was 2.47 t/ha.

Keywords: maize, oats, yield, biopreparations, crop residues, lime, nitrogen fertilizers

Введение. Получение высоких урожаев экологически чистой продукции на фоне снижения применения химикатов является основной задачей в современном земледелии. Во многих экономически развитых странах переходят к биологическому земледелию, которое предусматривает минимальное антропогенное воздействие на агроэкосистему и максимальное использование ее собственного потенциала [1]. В России ежегодно после уборки зерновых культур на полях остается более 120 млн т растительных остатков [2], которые являются одним из главных источников для пополнения почвы органическим веществом. Использование соломы в качестве удобрения позволяет одновременно повысить не только содержание

гумуса в почве [3], но и обеспечить сельскохозяйственные растения питательными элементами [4]. С одной тонны соломы, в зависимости от биохимического ее состава, в почву может поступать 3,7-5,5 кг азота, 0,8-1,0 кг фосфора, 5,5-11,0 кг калия, 2,2-9,2 кальция, 0,7-3,1 кг магния и 1,1-2,0 кг серы [5].

Одним из факторов, который ограничивает широкое использование соломы в качестве органического удобрения, является низкая скорость ее разложения. При неблагоприятных гидротермических условиях солома злаковых культур может разлагаться от 3 до 5 лет [6]. Существуют технологии, позволяющие ускорить минерализацию растительных остатков [5], основным катализатором этих приемов

являются азотные удобрения. Постоянный рост цен на минеральные удобрения заставляет аграриев искать более дешевые и безопасные препараты для ускорения разложения послеуборочных растительных остатков [7]. Применение биологических препаратов, содержащих естественные микроорганизмы, позволяет не только сохранить плодородие почв, но поддерживает видовое разнообразие почвенной экосистемы. В настоящее время в некоторых почвах отдельные виды полезных микроорганизмов находятся на грани исчезновения. Их место занимают нетипичные для почвообразовательных процессов и эффективного взаимодействия с растениями микроорганизмы [8].



Текущее состояние рынка продаж биопрепаратов в мировом масштабе оценивается в 700 млн долл. В США, Великобритании, Швеции, Канаде, Дании, Германии и других странах Министерствами сельского хозяйства и Национальными агентствами по охране окружающей среды разработаны программы сокращения применения химических средств защиты на 26-91% и переход к биологическим препаратам [9].

В России применение биопрепаратов не нашло такого широкого применения из-за нескольких причин [10]. Во-первых, недостаточный ассортимент препаратов, который не всегда отвечает требованиям сельхозпроизводителей [11], во-вторых, низкая пропаганда агробιοтехнологий [12] и, в-третьих, наибольшую эффективность можно получить, лишь отбирая полезные штаммы микроорганизмов только из местной почвы [13].

В связи с этим мобилизация биологических факторов приобретает все большую актуальность и является одним из этапов при переходе к экологизации сельскохозяйственного производства. Об эффективности применяемых агробιοтехнологий можно судить по урожайности и продуктивности культур [14]. Но работы некоторых авторов [15, 16] свидетельствуют об отсутствии стабильного положительного эффекта. Экспериментальные данные некоторых авторов [17], полученные в результате многолетних полевых исследований, показывают, что отзывчивость сельскохозяйственных культур на агротехнические приемы не всегда адекватна антропогенным воздействиям. В отдельные годы могут быть «провалы» в получении положительных эффектов от применения тех или иных приемов, несмотря на высокую их эффективность за многолетний период. Научно-практический интерес представляют исследования по изучению биопрепаратов не только как инокулянтов семян и растений, но и их побочной продукции и пожнивных остатков, используемых на удобрение.

Цель исследования. Цель данной работы — рассмотреть влияние биопрепаратов, используемых для обработки семян, растений, побочной продукции и пожнивных растительных остатков, на урожайность и структуру урожая овса и кукурузы.

Материал и методы исследования. Научные исследования проводились в 2021-2022 гг. на базе ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская обл., Медвенский р-н, с. Панино) в стационарном полевом опыте с биопрепаратами, заложенном в 2018 г. Изучали влияние микробиологических препаратов, азотных удобрений и извести на урожайность кукурузы при применении побочной продукции и растительных остатков озимой пшеницы и урожайность овса ярового при внесении растительных остатков гречихи. На всех вариантах опыта, кроме контроля, после уборки культуры всю ее побочную продукцию использовали как органическое удобрение путем поверхностного компостирования с различными компонентами.

В опыте применялись микробиологические препараты Трихоплант, СК и Биогор-Ж.

Трихоплант, СК содержит почвенный гриб и споры *Trichoderma longibrachiatum* (штамм GF 2/6) и продукты его жизнедеятельности, предназначен для обработки семян, почвы перед

посевом, растений в период вегетации и растительных остатков после уборки предшествующей культуры. Производитель — ООО «НПО «БИОТЕХСОЮЗ».

Комплексный препарат Биогор-Ж серии «КМ» создан на основе консорциума бактерий рода *Lactobacillus plantarum* 34, *Lactobacillus fermentum* 27, *Lactobacillus lactis. subsp. lactis* AMS, *Saccharomyces cerevisiae (carlsbergensis)*, *Azotobacter chroococcum* A-41, *Bacillus megaterium* Ф-3, генетически не модифицированных микроорганизмов, обладающих пробиотической, целлюлозоразлагающей, азотофиксирующей и фосфатомобилизирующей способностями. Производитель — ООО «Научно-технический центр биологических технологий в сельском хозяйстве». В качестве азотных удобрений применяли аммиачную селитру, в качестве кальция содержащего компонента — известь.

Размер делянки — 240 м² (40х6), учетная площадь — 152 м² (4х38), количество вариантов — 7, повторность — 3-кратная. Технология возделывания изучаемых культур основывалась на общепринятой в регионе.

Схема опыта включала следующие варианты: **вариант 1** — контроль (К); **вариант 2** — измельченная побочная продукция культуры (ПП); **вариант 3** — измельченная побочная продукция культуры + 10 кг д.в. N на 1 т (ПП+МУ); **вариант 4** — измельченная побочная продукция культуры + известь 1,5 т/га (ПП+И); **вариант 5** — измельченная побочная продукция культуры, обработанная биопрепаратами (Трихоплант 5 л/га + Биогор-Ж 2 л/га) + обработка биопрепаратами семян (Трихоплант 2 л/т + Биогор-Ж 1 л/т) + почвы перед посевом (Трихоплант 5 л/га + Биогор-Ж 2 л/га) + посевов 2 раза в течение вегетации (в фазе 3-5 листьев и в фазе 8-9 листьев (Трихоплант 2 л/га + Биогор-Ж 1 л/га) (ППБ+БП); **вариант 6** — измельченная побочная продукция культуры, обработанная биопрепаратами (Трихоплант 5 л/га + Биогор-Ж 2 л/га) + 10 кг д.в. N на 1 т побочной продукции + обработка семян биопрепаратами (Трихоплант 2 л/т + Биогор-Ж 1 л/т) + почвы перед посевом (Трихоплант 5 л/га + Биогор-Ж 2 л/га) + посевов 2 раза в течение вегетации (в фазе 3-5 листьев и в фазе 8-9 листьев (Трихоплант 2 л/га + Биогор-Ж 1 л/га) (ППБ+МУ+БП); **вариант 7** — измельченная побочная продукция культуры, обработанная биопрепаратами (Трихоплант 5 л/га + Биогор-Ж 2 л/га) + известь 1,5 т/га + обработка семян биопрепаратами (Трихоплант 2 л/т + Биогор-Ж 1 л/т) + почвы перед посевом (Трихоплант 5 л/га + Биогор-Ж 2 л/га) + посевов 2 раза в течение вегетации (в фазе 3-5 листьев и в фазе 8-9 листьев (Трихоплант 2 л/га + Биогор-Ж 1 л/га) (ППБ+И+БП).

Обработку измельченных растительных остатков, почвы и посевов биопрепаратами проводили опрыскивателем ОП-2000/24, внесение аммиачной селитры — навесным разбрасывателем РН-0,8; извести — разбрасывателем РУ-06, заделку измельченных растительных остатков в почву — дисковыми боронами на глубину 10-12 см. Семена обрабатывали биопрепаратами за 1 день до посева ранцевым опрыскивателем, а затем просушивали в затемненном помещении.

Почва в опыте — чернозем типичный слабоэродированный тяжелосуглинистый на лессовидном карбонатном суглинке. При за-

кладке эксперимента в пахотном слое почвы среднее содержание гумуса (по Тюрину) составляло 4,98±0,15%. Реакция почвенной среды нейтральная. Содержание обменного кальция составляло 22,0-23,3 мг-экв./100 г почвы, подвижных (по Чирикову) форм фосфора и калия — 8,8-12,0 мг/100 г почвы и 9,7-11,2 мг/100 г почвы соответственно, общего азота (по Кьельдалю) — 0,22-0,23%, обменного аммония (по методу ЦИНАО (ГОСТ 26487-85) — 10,9-13,2 мг/100 г почвы, нитратного азота (по методу Гранвальд-Ляжу) — 4,8-5,1 мг/100 г почвы.

Учет урожая овса проводили вручную с метровых учетных площадок в 3-кратной повторности [18]; учет урожая зерна кукурузы — вручную согласно действующей методике учета урожайности пропашных культур с площади 10 м² [18]. Для определения биологической урожайности культур и структуры урожая использовали «Методику государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» [18], определение массы 1000 зерен, натуре зерна проводили по общепринятым методикам [20]. Экспериментальные данные обрабатывали методами математической статистики с использованием программных средств Microsoft office EXCEL 2010.

Результаты и обсуждение. Внесение пожнивных растительных остатков озимой пшеницы, как органических удобрений, под кукурузу положительно повлияло на рост и развитие культуры. Длина початка на удобренном варианте (ПП) составляла в среднем 15,8 см, что выше контрольного варианта на 25%. Использование дополнительных компонентов для ускорения минерализации растительных остатков усилило положительный эффект. Так, при применении биопрепаратов выявлено увеличение длины початка на 5,6 см при НСР₀₅=1,49 по сравнению с контролем, где средняя длина рассматриваемого показателя не превышала 12,6 см. На вариантах комплексного применения биопрепаратов с азотными удобрениями или только азотных удобрений средняя длина початка составляла 18,8 см, что выше контроля на 49%. Количество рядов зерен в початке варьировало от 13,4 до 17 шт. Комплексное применение биопрепаратов и извести позволило сформировать початок с 17 рядами зерен, что выше контроля и варианта с пожнивными растительными остатками (ПП) в 1,3 и 1,2 раза соответственно (табл. 1).

Значимое увеличение рядов зерен в початке наблюдалось также на вариантах с биопрепаратами, с азотными удобрениями и комплексно использования биопрепаратов с азотными удобрениями.

Количество зерен в одном початке значительно увеличивалось на вариантах с биопрепаратами как отдельно применяемых, так и в комплексе с минеральным азотом или известью по сравнению с контрольным вариантом. На варианте с азотными удобрениями количество зерен составляло 612 шт., что выше контроля на 205 шт. при НСР₀₅=115 шт.

На каждом растении контрольного варианта формировалось по одному початку. Среднее количество початков при применении биопрепаратов в комплексе с минеральными удобрениями составляло 1,8 шт. Внесение растительных остатков озимой пшеницы, обработанных биопрепаратами с известью, и применение



биопрепаратов в течение вегетации увеличило среднее количество початков на одном растении до 2,1 шт., что позволило значительно увеличить урожайность зерна по сравнению с контролем.

Таким образом, удобрение кукурузы растительными остатками озимой пшеницы, обработанными микробиологическими препаратами, содержащими культуру почвенного гриба *Trichoderma longibrachiatum* и бактерий рода *Lactobacillus*, и применение их в течение вегетационного периода приводит к интенсивному развитию генеративных органов культуры, а внесение азотных удобрений или извести усиливает положительный эффект.

Масса 1000 зерен — это показатель, свидетельствующий о количестве сухих веществ в зерне и его крупности. Масса 1000 зерен кукурузы зависела от применяемых в опыте компонентов. Так, по сравнению с контролем (масса составляла 183,1 г) увеличение этого показателя наблюдается во всех вариантах опыта, где применялись биопрепараты, и значения по вариантам варьировали в пределах 264,0–282 г. На варианте опыта с азотными удобрениями в дозе 10 кг д.в. N на 1 т соломы озимой

пшеницы позволило значительно увеличить массу зерен — на 86,7 г при $HCP_{05}=14,03$ г (табл. 2).

Натура зерна — один из ключевых показателей, характеризующих качество продукции. Рассматриваемый показатель изменялся по вариантам опыта от 587,12 до 810,28 г/л. Применение растительных остатков с биопрепаратами способствовало значимому увеличению рассматриваемого показателя — до 763,12 л/г, что выше контроля на 176 г/л при $HCP_{05}=21,14$ л/г, а при дополнительном внесении извести (ППБ+И+БП) зерно стало высококонатурное со значением — 810,28 л/г. На варианте с азотными удобрениями натура зерна составляла 808,56 г/л, что значимо выше как контрольного варианта, так и варианта с биопрепаратами.

Положительное влияние на урожайность зерна кукурузы оказали биопрепараты. На варианте опыта (ППБ+БП), где применялись только микробиологические препараты, урожайность зерна составила 3,3 т/га, что выше контроля на 0,9 т/га. При комплексном внесении биопрепаратов и азотных удобрений увеличение составило 1,3 т/га по сравнению

с контролем при $HCP_{05}=0,57$ т/га. Максимальная урожайность кукурузы (5,1 т/га) выявлена на варианте совместного использования препаратов и извести. Использование азотных удобрений на фоне растительных остатков позволило увеличить урожайность на 1,6 т/га.

Следовательно, используемые биопрепараты, как отдельно, так в комплексе с азотными удобрениями или известью, положительно повлияли на рост и развитие кукурузы, что способствовало получению высокого урожая зерна. Азотные удобрения, применяемые на фоне растительных остатков, ненамного превосходят вариант с биопрепаратами.

Оптимальные почвенно-климатические условия, которые сложились при возделывании овса в опыте с биопрепаратами, позволили сформировать растения с общей кустистостью 5–8 побегов, и продуктивной кустистостью 2–4 побега. Увеличение продуктивных стеблей способствует увеличению урожайности зерна овса. На вариантах опыта, где формировалось более 3 продуктивных стеблей, урожайность в 2 раза была выше контрольного варианта.

При применении только биопрепаратов (ПП+БП) у овса было сформировано в среднем 3 продуктивных стебля, что позволило увеличить урожайность на 1,68 т/га по сравнению с контролем. Использование пожнивных растительных остатков с азотными удобрениями или в комплексе с биопрепаратами позволило образовать более 3 продуктивных стеблей, которые дали в среднем прибавку зерна в 3,66 т/га по сравнению с контролем.

Использование минеральных удобрений и биопрепаратов увеличивало длину метелки по сравнению с контролем и вариантом, где вносились пожнивные остатки без инокулянтов. Однако не всегда самые длинные соцветия дают максимальную прибавку урожая. Применение азотных удобрений сформировало самые крупные соцветия у овса. Средняя длина метелки составляла 14,23 см, что на 1,16 см больше таковой на контроле при $HCP_{05}=0,83$ см. При совместном использовании минеральных удобрений с биопрепаратами длина метелки не превышала 12,24 см, что значимо выше контроля — на 1,17 см и значимо ниже варианта с азотными удобрениями — на 1,99 см, при этом урожайность между вариантами ПП+МУ и ППБ+МУ+БП значимо не различалась, но была в среднем на 2 т/га выше, чем на контроле. (табл. 3, 4).

В опыте с биопрепаратами наблюдалось высокое варьирование количества зерен овса с одной метелки — от 24,2 до 56,2 шт. Биопрепараты увеличивали озерненность метелки в среднем в 2 раза по сравнению с контролем, при этом наиболее эффективным (49,3 шт.) был вариант с комплексным использованием биологических препаратов с минеральным азотом.

Самые крупные зерна овса формировались при применении биопрепаратов с азотными удобрениями и при внесении азотных удобрений в дозе 10 кг д.в. N на 1 т растительных остатков. Масса 1000 зерен на данных вариантах превышала таковую на контроле на 11,73 и 11,25 г соответственно.

Использование биопрепаратов в течение вегетации овса увеличило значимо массу 1000 зерен на 9,71 г по отношению к контролю

Таблица 1. Структура урожая кукурузы при использовании растительных остатков на удобрение с биопрепаратами, известью и азотными удобрениями
Table 1. Formula of maize yield when applying plant residues for fertilizer with biopreparations, lime and nitrogen fertilizers

Варианты*	Длина початка, см	Количество рядов зерен в початке, шт.	Количество зерен в одном початке, шт.	Количество початков на 1 растении, шт.
Вариант 1 К	12,6	13,4	407	1,0
Вариант 2 ПП	15,8	14,0	413	1,0
Вариант 3 ПП+МУ	18,8	16,4	612	1,5
Вариант 4 ПП+И	20,2	13,6	611	2,0
Вариант 5 ППБ+БП	18,2	15,0	602	1,4
Вариант 6 ППБ+МУ+БП	18,8	14,4	589	1,8
Вариант 7 ППБ+И+БП	21,5	17,0	623	2,1
HCP_{05}	1,49	1,23	115	-

* Полное описание вариантов представлено в схеме опыта.

Таблица 2. Урожайность кукурузы и качество ее зерна при использовании растительных остатков на удобрение с биопрепаратами, известью и азотными удобрениями
Table 2. Maize yield and grain quality when applying plant residues for fertilizer with biopreparations, lime and nitrogen fertilizers

Варианты	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю, т/га
Вариант 1 К	183,1	587,12	2,4	-
Вариант 2 ПП	186,5	591,09	2,3	-0,1
Вариант 3 ПП+МУ	269,8	808,56	4,0	+1,6
Вариант 4 ПП+И	262,3	772,68	4,3	+1,9
Вариант 5 ППБ+БП	264,0	763,12	3,3	+0,9
Вариант 6 ППБ+МУ+БП	262,3	798,34	3,7	+1,3
Вариант 7 ППБ+И+БП	282,0	810,28	5,1	+2,6
HCP_{05}	14,03	21,14	0,57	-



Таблица 3. Структура урожая овса при использовании растительных остатков на удобрение с биопрепаратами, известью и азотными удобрениями
Table 3. Formula of oat yield when applying plant residues for fertilizer with biopreparations, lime and nitrogen fertilizers

Варианты	Продуктивная кустистость, шт.	Средняя длина метелки, см	Среднее количество зерен на 1 метелке, шт.
Вариант 1 К	2,7	11,07	24,2
Вариант 2 ПП	2,8	11,16	26,9
Вариант 3 ПП+МУ	3,2	14,23	46,4
Вариант 4 ПП+И	3,4	13,65	56,2
Вариант 5 ППБ+БП	3,0	13,79	41,7
Вариант 6 ППБ+МУ+БП	3,2	12,24	49,3
Вариант 7 ППБ+И+БП	3,6	13,27	48,5
НСР ₀₅	0,5	0,83	5,3

Таблица 4. Урожайность и качество зерна овса при использовании растительных остатков на удобрение с биопрепаратами, известью и азотными удобрениями
Table 4. Yield and quality of oat grain when applying plant residues for fertilizer with biopreparations, lime and nitrogen fertilizers

Варианты	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Урожайность зерна, т/га	Прибавка к контролю, т/га
Вариант 1 К	20,02	387,81	1,56	-
Вариант 2 ПП	24,73	395,18	1,59	0,03
Вариант 3 ПП+МУ	31,37	524,88	3,73	2,17
Вариант 4 ПП+И	30,16	422,56	5,45	3,89
Вариант 5 ППБ+БП	29,73	408,60	3,24	1,68
Вариант 6 ППБ+МУ+БП	31,75	397,12	3,58	2,02
Вариант 7 ППБ+И+БП	28,43	395,78	4,03	2,47
НСР ₀₅	1,28	11,27	0,39	-

при НСР₀₅=1,28 г. Значимое увеличение массы 1000 зерен наблюдалось на всех вариантах, где применялись биопрепараты.

Следует отметить, что натура зерна, представленная объемной массой 1 л зерна в граммах, при применении биопрепаратов возрастала по сравнению с контролем, но ее значения позволяли отнести зерно только к 4 классу. На варианте с азотными удобрениями натура составляла 524,88 г/л, что соответствует 3 классу зерна. Жаркая и засушливая погода второй половины вегетационного периода не позволила сформировать зерно более высокого качества. Зерно с наилучшими технологическими качествами формируется на варианте с применением азотных удобрений (10 кг д.в. N на 1 т растительных остатков).

Урожайность овса зависела от рассматриваемых факторов опыта и варьировала от 1,56 т/га на контроле до 5,45 т/га на варианте с применением растительных остатков и извести. На неудобренном варианте и варианте с растительными остатками рассматриваемый показатель не различался. Использование измельченной побочной продукции гречихи, обработанной биопрепаратами, позволило получить 3,24 т/га зерна, что выше контроля на

1,68 т/га. Комплексное применение микробиологических препаратов с азотными удобрениями увеличило урожайность на 2,02 т/га по сравнению с неудобренным вариантом. Различия урожайности между вариантами с биопрепаратами (5 и 6) были незначимыми (НСР₀₅=0,39 т/га). На варианте с биопрепаратами урожайность зерна овса была значимо ниже (0,49 т/га) варианта с минеральными удобрениями, а при комплексном использовании микробиологических препаратов и удобрений появлялась положительная тенденция, разница в урожайности составила всего 0,15 т/га. То есть без дополнительного внесения минерального азота для ускорения минерализации растительных остатков действие применяемых биопрепаратов имеет низкую эффективность при возделывании овса на зерно.

Выводы. Применение измельченной побочной продукции с биопрепаратами и использование их в течение вегетации кукурузы положительно влияло на ее рост и развитие. При этом увеличилось количество початков на одном растении, длина початка и его озерненность, что способствовало увеличению урожайности зерна. Наибольший положительный эффект выявлен при комплексном внесении

биопрепаратов и азотных удобрений, где увеличение урожайности кукурузы составило 1,3 т/га по сравнению с контролем при НСР₀₅=0,57 т/га. Использование азотных удобрений на фоне растительных остатков позволило увеличить урожайность на 1,6 т/га по сравнению с контролем, а по сравнению с биопрепаратами прибавка составила 0,7 т/га.

Обработка биопрепаратами растительных остатков, семян, почвы перед посевом, посевов 2 раза в течение вегетационного периода увеличило урожай зерна овса на 1,68 т/га при НСР₀₅=0,39 т/га, в комплексе с азотными удобрениями прибавка составила 2,02 т/га, в комплексе с известью — 2,47 т/га по сравнению с контролем. Различия в урожайности между вариантами, где применялись инокулянты, были незначимыми.

Внесение 10 кг д.в. N на 1 т растительных остатков значимо увеличивало урожайность овса не только по сравнению с контрольным вариантом (на 2,17 т/га), но и по сравнению с вариантом, где вносились только биопрепараты (на 0,49 т/га).

Список источников

1. Воскобулова Н.И., Верещагина А.С., Ураскулов Р.Ш. Влияние биопрепаратов на активность стрессовых ферментов и продуктивность ярового ячменя // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 3. С. 229-236. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-229
2. Русакова И.В. Биопрепараты-деструкторы послеуборочных остатков: монография. Рига: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 101 с.
3. Дедов А.В., Новикова Л.А., Несмеянова М.А. Пути регулирования плодородия чернозема типичного в условиях Юго-Востока ЦЧР // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12 № 3 (62). С. 71-77. doi: 10.17238/issn 2017-2243
4. Бондаренко Н.А., Антонова О.И. Приемы повышения разложения соломы и обеспеченности питательными веществами // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 5 (199). С. 11-16.
5. Еремина Р.Ф., Машченко С.С., Чуян Н.А., Федорченко А.Е., Ермакова А.А. Технология поверхностного компостирования растительных остатков // Достижения науки и техники АПК. 2005. № 1. С. 18-20.
6. Лобков В.Т., Наполов В.В. Эффективность использования соломы бобовых и злаковых культур как удобрения в зависимости от способа ее разложения в почвенном слое // Агрохимия. 2019. № 9. С. 53-59.
7. Лазарев В.И., Минченко Ж.Н., Русакова А.А. Агроэкологическое обоснование использования микробиологических препаратов в качестве деструкторов соломы озимой пшеницы в условиях черноземных почв Курской области // Агрохимия. 2021. № 2. С. 71-77. doi: 10.31857/S0002188121020083
8. Игольникова Л.В. Биотехнологии выращивания полевых культур // Научно-агрономический журнал. 2019. № 1 (104). С. 31-37.
9. Reganold, J.P., Wachter, J.M. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Review Article. Nature Plants*, no. 2, pp. 1-8.
10. Рассохина И.И. Использование микроорганизмов как средство повышения продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных культур // АгроЗооТехника. 2021. Т. 4. № 3. doi: 10.15838/alt.2021.4.3.2
11. Рябова О.В. К вопросу разработки микробиологических препаратов (фунгицидов и удобрений) для условий Северо-Востока европейской части Российской Федерации // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 1 (50). С. 31-40.





12. Захаренко В.А. Биотехнологии и защита растений // Защита и карантин растений. 2015. № 11. С. 3-6.

13. Бирюков Е.В. Возможность применения биопрепаратов триходермин в качестве микробиологического удобрения в условиях Тамбовской области // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2008. Т. 1. № 1 (11). С. 84-92.

14. Хамова О.Ф., Шулико Н.Н., Тукмачева Е.В. Эффективность применения биопрепаратов ассоциативной азотфиксации в ресурсосберегающих технологиях // Агрехимия. 2022. № 9. С. 47-52. doi: 10.31857/S0002188122090083

15. Esther, O.J., Hong, T.X., Hui, G.C. (2013). Influence of straw degrading microbial compound on wheat straw decomposition and soil biological properties. *African Journal of Microbiology Research*, no. 7 (28), pp. 3597-3605.

16. Schenck zu Schweinsberg-Mickan, M., Müller, T. (2009). Impact of effective microorganisms and other biofertilizers on soil microbial characteristics, organic matter decomposition, and plant growth. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, no. 172, issue 5, pp. 704-712.

17. Лазарев В.И., Ильин Б.С., Башкатов А.А., Минченко Ж.Н., Гаврилова Т.В. Влияние природных и антропогенных факторов на продуктивность различных видов полевых севооборотов и плодородие чернозема типичного // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 5 (383). С. 83-88. doi: 10.24412/2587-6740-2021-5-83-88

18. Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию. М.: Агропромиздат, 1987. 383 с.

19. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1989. Вып. 2. 194 с.

20. Беркутова Н.С. Методы оценки и формирование качества зерна. М.: Росагропромиздат, 1991. 206 с.

References

1. Voskobulova, N.I., Vereshchagina, A.S., Uraskulov, R.Sh. (2020). Vliyaniye biopreparatov na aktivnost' stressovykh fermentov i produktivnost' yarovogo yachmenya [Effect of biological preparations on the activity of stress enzymes and productivity of spring barley]. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo* [Animal husbandry and fodder production], vol. 103, no. 3, pp. 229-236. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-229

2. Rusakova, I.V. (2018). *Biopreparaty-destruktory posleuborochnykh ostatkov: monografiya* [Biological preparations as destructors of post-harvest residues: monograph]. Riga, LAP Lambert Academic Publishing, 101 p.

3. Dedov, A.V., Novikova, L.A., Nesmeyanova, M.A. (2019). Puti regulirovaniya plodorodiya chernozema tipichnogo v usloviyakh Yugo-Vostoka TSCHR [Ways to regulate the fertility of typical chernozem in the South-East of the CCHR]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of Voronezh State Agrarian University], vol. 12, no. 3 (62), pp. 71-77. doi: 10.17238/issn 2017-2243

4. Bondarenko, N.A., Antonova, O.I. (2021). Priemy povysheniya razlozheniya solomy i obespechennosti pitatel'nymi veshchestvami [Techniques for increasing straw decomposition and nutrient supply]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], no. 5 (199), pp. 11-16.

5. Eremina, R.F., Mashchenko, S.S., Chuyan, N.A., Fedorchenko, A.E., Ermakova, A.A. (2005). Tekhnologiya poverkhnostnogo kompostirovaniya rastitel'nykh ostatkov [Technology for surface composting of crop residues]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], no. 1, pp. 18-20.

6. Lobkov, V.T., Napolov, V.V. (2019). Ehffektivnost' ispol'zovaniya solomy bobovykh i zlakovykh kul'tur kak udobreniya v zavisimosti ot sposoba ee razlozheniya v pochvennom sloe [Effectiveness of legume and cereal straw as a fertilizer depending on the way it decomposes in the soil layer]. *Agrokimiya* [Agricultural chemistry], no. 9, pp. 53-59.

7. Lazarev, V.I., Minchenko, Zh.N., Rusakova, A.A. (2021). Agroekologicheskoe obosnovaniye ispol'zovaniya mikrobiologicheskikh preparatov v kachestve destruktorov solomy ozimoi pshenitsy v usloviyakh chernozemnykh pochv Kurskoi oblasti [Agroecological substantiation of the use of microbiological preparations as destructors of winter wheat straw under the conditions of chernozem soils of Kursk region]. *Agrokimiya* [Agricultural chemistry], no. 2, pp. 71-77. doi: 10.31857/S0002188121020083

8. Igol'nikova, L.V. (2019). Biotekhnologii vyrashchivaniya polevykh kul'tur [Biotechnologies of field crops cultivation]. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal* [Scientific-agronomic journal], no. 1 (104), pp. 31-37.

9. Reganold, J.P., Wachter, J.M. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Review Article. Nature Plants*, no. 2, pp. 1-8.

10. Rassokhina, I.I. (2021). Ispol'zovaniye mikroorganizmov kak sredstvo povysheniya produktivnosti i ustoychivosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [The use of microorganisms as a means of increasing the productivity and sustainability of crops]. *AgroZooTekhnika* [Agricultural and livestock technology], vol. 4, no. 3. doi: 10.15838/alt.2021.4.3.2

11. Ryabova, O.V. (2016). K voprosu razrabotki mikrobiologicheskikh preparatov (fungitsidov i udobrenii) dlya uslovii Severo-Vostoka evropeiskoi chasti Rossiiskoi Federatsii [On the development of microbiological preparations (fungicides and fertilizers) for the conditions of the North-East of the European part of the Russian Federation]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* [Agricultural science Euro-North-East], no. 1 (50), pp. 31-40.

12. Zakharenko, V.A. (2015). Biotekhnologii i zashchita rastenii [Biotechnology and plant protection]. *Zashchita i karantin rastenii* [Plant protection and quarantine], no. 11, pp. 3-6.

13. Biryukov, E.V. (2008). Vozmozhnost' primeniya biopreparatov trikhodermin v kachestve mikrobiologicheskogo udobreniya v usloviyakh Tambovskoi oblasti [Possibility of Trichodermin biopreparation application as a microbiological fertilizer in Tambov region]. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of contemporary science and practice. Vernadsky University], vol. 1, no. 1 (11), pp. 84-92.

14. Khamova, O.F., Shuliko, N.N., Tukmacheva, E.V. (2022). Ehffektivnost' primeniya biopreparatov assotiativnoi azotifikatsii v resursosberegayushchikh tekhnologiyakh [Efficiency of application of biopreparations of associative nitrogen fixation in resource-saving technologies]. *Agrokimiya* [Agricultural chemistry], no. 9, pp. 47-52. doi: 10.31857/S0002188122090083

15. Esther, O.J., Hong, T.X., Hui, G.C. (2013). Influence of straw degrading microbial compound on wheat straw decomposition and soil biological properties. *African Journal of Microbiology Research*, no. 7 (28), pp. 3597-3605.

16. Schenck zu Schweinsberg-Mickan, M., Müller, T. (2009). Impact of effective microorganisms and other biofertilizers on soil microbial characteristics, organic matter decomposition, and plant growth. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, no. 172, issue 5, pp. 704-712.

17. Lazarev, V.I., Il'in, B.S., Bashkatov, A.Ya., Minchenko, Zh.N., Gavrilova, T.V. (2021). Vliyaniye prirodnykh i antropogennykh faktorov na produktivnost' razlichnykh vidov polevykh sevooborotov i plodorodie chernozema tipichnogo [Influence of natural and anthropogenic factors on the productivity of different types of field crop rotations and fertility of typical chernozem]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaystvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 5 (383), pp. 83-88. doi: 10.24412/2587-6740-2021-5-83-88

18. Dospekhov, B.A., Vasil'ev, I.P., Tulikov, A.M. (1987). *Praktikum po zemledeliyu* [Workshop on farming]. Moscow, Agropromizdat Publ., 383 p.

19. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur (1989). [Methods of state variety testing of crops]. Moscow, issue 2, 194 p.

20. Berkutova, N.S. (1991). *Metody otsenki i formirovaniye kachestva zerna* [Methods of assessment and formation of grain quality]. Moscow, Rosagropromizdat Publ., 206 p.

Информация об авторах:

Брескина Галина Михайловна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории агропочвоведения и экологии почв, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2381-312X>, breskina-galina@yandex.ru

Масютенко Нина Петровна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории агропочвоведения и экологии почв, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8348-0609>, vninp@mail.ru

Чуян Наталия Анатольевна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агропочвоведения и экологии почв, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4212-3143>, natalia-chuyan@yandex.ru

Information about the authors:

Galina M. Breskina, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of agricultural soil science and soil ecology, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2381-312X>, breskina-galina@yandex.ru

Nina P. Masyutenko, doctor of agricultural sciences, professor, chief researcher of the laboratory of agricultural soil science and soil ecology, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8348-0609>, vninp@mail.ru

Natalia A. Chuyan, doctor of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of agricultural soil science and soil ecology, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4212-3143>, natalia-chuyan@yandex.ru