

УДК 631.81:633.11

DOI: 10.31857/2500-2082/2022/6/39-43, EDN: KDUHLR

ВЛИЯНИЕ БИОПОЛИМЕРНОЙ МОДИФИКАЦИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ*

Ибрагим Мусаевич Баматов¹, кандидат биологических наук

Кирилл Александрович Перевергин¹, доктор биологических наук

Шаарани Мусаевич Абасов², кандидат сельскохозяйственных наук

Салман Магомедович Хамурзаев³, кандидат сельскохозяйственных наук

¹ФИЦ «Почвенный институт им В.В. Докучаева», г. Москва, Россия

²Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
г. Грозный, Чеченская Республика, Россия

³Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, г. Грозный, Чеченская Республика, Россия

E-mail: salman-x1959@mail.ru

Аннотация. Изучено влияние минеральных удобрений, модифицированных биополимером (поливиниловый спирт), на урожайность и качество зерна озимой пшеницы, а также агрохимический состав почвы. Обогащение традиционных минеральных

* Исследования проводили в рамках реализации договора РНФ № 22-16-00092 / The research was carried out within the framework of the implementation of the RNF Agreement No. 22-16-00092.

удобрений органическими веществами повышают их эффективность. Улучшаются рост и развитие растений, а также агроэкологические почвенные параметры. Исследования проводили в 2022 году на опытном поле ФГБНУ «Чеченский НИИ-ИСХ». Цель работы – определить влияние минерального удобрения, обогащенного биополимерным веществом, на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы, сохранение и воспроизводство элементов почвенного плодородия. Внесение ранней весной азофоски ($N_{16}P_{16}K_{16}$) привело к существенным изменениям в структуре растений и химическом составе почвы. Максимальная урожайность зерна – 5,6 т/га (на 22% больше контроля) была получена в варианте, где закрепление биополимера в удобрении проводили лимонной кислотой. В этом же варианте выявлено относительно высокое содержание белка (14,8%) и клейковины (28,3%). Применение азофоски, обогащенной биополимером, обеспечило повышение в почве элементов питания (аммонийный азот, фосфор и калий) на первом и втором этапах. К фазе колошения запасы азота в почве возросли до 39,4 и 50,9 мг/кг, превысив контроль на 35–74% соответственно.

Ключевые слова: модификация системы удобрения, биополимер, поливиниловый спирт, органический компонент, агрохимические параметры, продуктивность растений

THE INFLUENCE OF BIOPOLYMER MODIFICATION OF MINERAL FERTILIZERS ON THE WINTER WHEAT GRAIN PRODUCTIVITY AND THE MAIN ELEMENTS OF SOIL FERTILITY

I.M. Bamatov¹, *PhD in Biological Sciences*

K.A. Perevertin¹, *Grand PhD in Biological Sciences*

Sh.M. Abasov², *PhD in Agricultural Sciences*

S.M. Khamurzaev³, *PhD in Agricultural Sciences*

¹FRC "V.V. Dokuchaev Soil Science Institute", Moscow, Russia

²Chechen Research Institute of Agriculture, Grozny, Chechen Republic, Russia

³A.A. Kadyrov Chechen State University, Grozny, Chechen Republic, Russia

E-mail: salman-x1959@mail.ru

Abstract. The influence of mineral fertilizers modified with a biopolymer (corn starch) on the yield and quality of winter wheat grain, as well as the agrochemical composition of the soil, has been studied. The existing developments of enriching existing traditional mineral fertilizers with organic substances are relevant and clearly indicate an effective increase in the efficiency of fertilizers in improving the growth and development of winter wheat, as well as improving agroecological soil parameters. The research was conducted in 2022 at the experimental field of the FGBNU "Chechen Research Institute". The aim is to determine the effect of fertilizing wheat with mineral fertilizer enriched with biopolymer substance (corn starch) on the productivity and quality of winter wheat grain, preservation and reproduction of soil fertility elements. As a result of the research, it was revealed: the fertilization of winter wheat in early spring with azofoska ($N16P16K16$), provided significant changes in the structure of plants and in the chemical composition of the soil. The maximum grain yield of 5.6 t/ha (22% more than the control) was obtained in the variant where the fixation of the biopolymer in the fertilizer was carried out with citric acid. In the same variant, a relatively high protein content of 14.8% and an increased gluten content of 28.3% were revealed. The use of azofoska enriched with biopolymer provided a significant increase in the soil of nutrients (ammonium nitrogen, phosphorus and potassium) in the first and second stages. By the earing period, nitrogen reserves in the soil increased to the level of 39.4 and 50.9 mg/kg, exceeding the reference control by 35–74%, respectively.

Keywords: modification of the fertilizer system, biopolymer, starch, organic component, agrochemical parameters, plant productivity

Почва функционирует как эффективная агроэко-система при наличии оптимального соотношения основных компонентов – минерального, органического и микробиологического. Интегральным параметром почвенного плодородия принято считать ее биологическую активность. [1] Последнее достигается повышением коэффициента использования элементов питания благодаря биогенным элементам, в частности углерода, участвующего в образовании органоминеральных соединений.

Наиболее распространенные приемы повышения органического вещества в почве – внесение удобрений и использование сидеральных культур. Для защиты гумуса почвы от разрушения необходимо внесение свежего органического вещества. [2] Навоз и сидерат оказывают на почву положительное воздействие и последствие даже при резком недостатке атмосферных осадков. [3] Сидераты стабилизируют и улучшают фитосанитарное состояние посевов и увеличивают урожайность полевых культур. [4]

Внесение органических удобрений не всегда окупается прибавками урожая. В Алтайском крае при использовании под озимую пшеницу минеральных удобрений, урожайность увеличилась на 1,5 т/га, а после дополнительно внесенных 30 т органики – всего на 0,15 т/га. [5] В другом случае, использование сидератов привело к повышению токсичности почвы на 9,3%. [6]

Долгое время удобрения модифицировали, включая в состав недостающие макро-, мезо- и микроэлементы. Для модернизации удобрений сельскохозяйственных культур пригодны полимерные вещества как альтернативные источники углеводов.

Исследования, проведенные в Волгоградском ГАУ с использованием полимерного гидрогеля (химическое соединение с минеральными удобрениями), показали его положительное воздействие на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы. [7] Это доказывает, что органический компонент, внедренный в структуру минерального удобрения, – один из важнейших стимуляторов в формировании полноценного качественного урожая.

Цель работы – определить влияние минерального удобрения, модифицированного биополимерным веществом (поливиниловый спирт) на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы, сохранение и воспроизводство плодородия черноземов, уменьшение энергоресурсных затрат в сельскохозяйственном производстве.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве биополимерного вещества, как углеводного источника использовали поливиниловый спирт, состоящий из полисахаридов амилозы и амилопектина, мономер которых – альфа-глюкоза.

Работу выполняли в 2022 году на опытном поле ФГБНУ «Чеченский НИИСХ». Объект исследования – озимая пшеница сорта *Безостая 100*. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, содержание гумуса – 3,5%, рН – 6,9. Обеспеченность фосфором и азотом средняя, калием – высокая.

Использовали комплексное минеральное удобрение азофоску ($N_{16}P_{16}K_{16}$) – 200 кг/га. Биополимер наносили методом опудривания с предварительным увлажнением гранул водой или лимонной кислотой и закрепляли в микроволновой печи. Норма расхода биополимера – 5 кг/т удобрения. Учетная площадь делянок – 25 м², повторность – четырехкратная.

Схема опыта: 1) контроль без подкормки; 2) подкормка NPK; 3) подкормка NPK+ биополимер с водой; 4) NPK+ биополимер с лимонной кислотой.

Для агрохимического анализа отбирали образцы почвы перед внесением удобрения, в фазе кущения и колошения пшеницы.

Влияние биополимерной модификации удобрений оценивали по изменениям структуры и качества урожая, а также агрохимических почвенных параметров в динамике: N-NO₃; N-NH₄; PO₅; K₂O.

Агрохимические анализы почвы проводили в лабораториях ООО «Агрохимия» и МУП «Агропромышленный Бизнес-Инкубатор» КБР методом спектроскопии в ближней инфракрасной области с применением анализатора ИНФРАСКАН – 105. ГОСТ 9353-2016. Пшеница. Технические условия.

Подвижные соединения фосфора и калия определяли по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91), нитраты – ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86), обменный аммоний – по ЦИНАО (ГОСТ 26489-85).

Погодно-климатические условия в течение вегетационного периода 2022 года удовлетворяли потребностям озимой пшеницы, в результате был сформирован хороший урожай.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Растениям озимой пшеницы необходима высокая обеспеченность почвы элементами питания на протяжении всего периода вегетации. Подкормка ранней весной азофоской ($N_{16}P_{16}K_{16}$) обеспечила существенные изменения в структуре растений. Агрохимические показатели свидетельствовали о значительном повышении количества элементов питания в вариантах с удобрениями. Посевы пшеницы отличались от контроля темно-зеленым цветом, большим кущением и усилением роста.

Таблица 1.
Агрохимические параметры почвы
в зависимости от применения модифицированных удобрений,
мг/кг

Вариант	Перед внесением удобрений	Кущение пшеницы	Колошение пшеницы
Нитраты			
Контроль		5,3	2,6
1. NPK		6,8	3,1
2. NPK+биополимер (с водой)	6,4	7,0	3,4
3. NPK+биополимер (с лимонной кислотой)		8,5	3,0
Обменный аммоний			
Контроль		23,6	24,1
1. NPK		24,4	26,6
2. NPK+биополимер (с водой)	11,3	24,7	36,0
3. NPK+биополимер (с лимонной кислотой)		25,3	47,9
Минеральный азот			
Контроль		28,9	26,7
1. NPK		31,2	29,7
2. NPK+биополимер (с водой)	17,7	31,7	39,4
3. NPK+биополимер (с лимонной кислотой)		33,8	50,9
P ₂ O ₅			
Контроль		34,0	30,5
1. NPK		33,9	30,5
2. NPK+биополимер (с водой)	28,7	42,5	36,4
3. NPK+биополимер (с лимонной кислотой)		33,7	28,8
K ₂ O			
Контроль		285,2	163,4
1. NPK		277,1	153,2
2. NPK+биополимер (с водой)	169,5	325,5	170,1
3. NPK+биополимер (с лимонной кислотой)		297,6	146,0

Азот – один из главных элементов минерального питания растений. Он входит в состав белковых веществ всех ферментов и образующих основу протоплазмы клетки. Общее содержание азота свидетельствует о потенциальном плодородии почвы, а количество минеральных соединений – степени интенсивности биохимических процессов в ней.

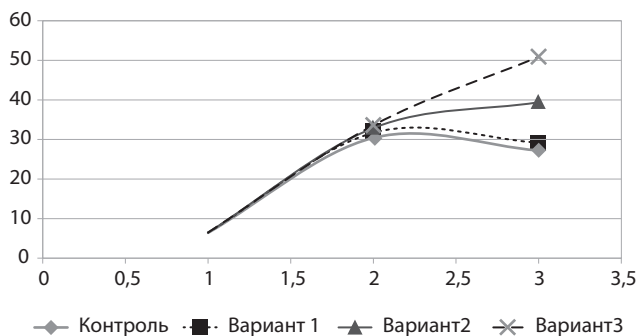


Рис. 1. Динамика содержания минерального азота в почве в зависимости от применения модифицированных биополимерами удобрений, мг/кг.

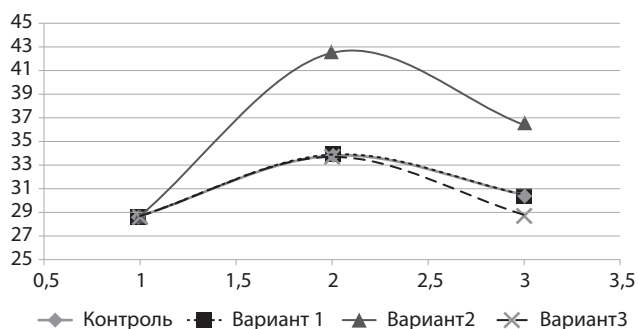


Рис.2. Динамика содержания в почве подвижного фосфора в зависимости от применения модифицированных биополимерами удобрений, мг/кг.

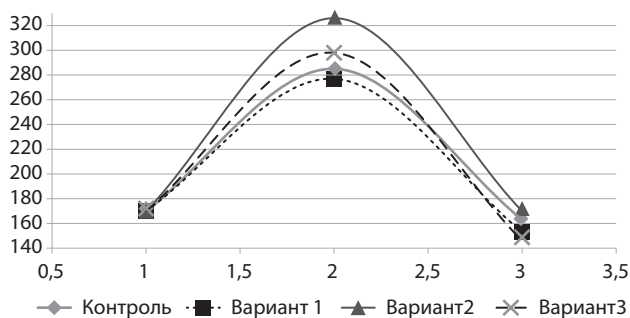


Рис.3. Динамика содержания в почве подвижного калия в зависимости от применения модифицированных биополимерами удобрений, мг/кг.

Учитывая, что к середине вегетации пшеницей потребляется уже 30...35% минеральных веществ, создание условий по обеспечению растений на дальнейший период развития – приоритетная задача в области агрохимии.

Особенность нитратного азота – увеличение его количества на начальном этапе до 35...60% в удобренных биополимерами вариантах относительно контроля (табл.1).

К периоду колошения запасы нитратов в почве снизились наполовину, содержание аммонийного азота увеличилось почти вдвое уже на первом этапе, на втором прибавка азота составила 11,3...22,6 мг/кг только в вариантах 2 и 3. Количество обменного аммония в вариантах с применением модифицированного удобрения превысило контроль на 35...78%.

Изменение содержания минерального азота в почве под действием биополимера свидетельствует о положительном влиянии удобрения на микробиологическую активность (рис. 1).

Концентрация минерального азота в почве возросла к периоду кущения во всех вариантах до 32 мг/кг, к фазе колошения она заметно увеличилась в вариантах 2 и 3 – 39,4 и 50,9 мг/кг, превысив контроль соответственно на 35 и 74%. Разница между двумя вариантами (39%) – результат способа модификации удобрения: 2 – использование воды; 3 – лимонной кислоты.

Потребность растений в фосфоре ниже, чем азоте и калии. Но он имеет решающее значение для быстрого роста и стабильного развития растений, отвечая за хранение, перенос энергии и передачу генетического материала. В период кущения пшеницы запас подвижного фосфора в варианте 2 превысил остальные на четверть. К периоду колошения концентрация фосфора уменьшилась на 10...12% во всех вариантах и приобрела стабильность, но во 2-м была выше на 19% (рис. 2).

Калий принимает участие в процессах переноса ассимилянтов, активизации многих ферментов, регулировании водного режима растений.

Содержание подвижного калия на первом этапе увеличилось на 68...91% по сравнению с контролем. К периоду колошения пшеницы его осталось 49...57%. Максимальное количество калия в течение вегетации было в варианте 2: первый этап – 325, второй – 170 мг/кг (рис. 3).

Результаты исследований посевов озимой пшеницы свидетельствуют, что модификация минеральных удобрений положительно отразилась на изменениях элементов структуры урожая.

Использование биополимера в питании растений способствовало усилению кущения и формированию большего числа продуктивных побегов (табл. 2). В опытных вариантах (2 и 3) количество побегов в среднем превысило контроль на 18%, при немодифицированном удобрении (1) – всего на 8%.

В вариантах 2 и 3 число стеблей увеличилось на 66...68 шт/м², на 11% больше, чем в 1-м.

Максимальная урожайность зерна (5,6 т/га) получена в варианте 3, где закрепление биополимера проводили лимонной кислотой. Прибавка урожайности по отношению к варианту 1 составила 22%. На прибавку урожайности в удобренных вариантах повлияло повышение массы 1000 зерен на 1,6...2,3 г. Корреляционная зависимость между продуктивностью пшеницы и массой 1000 зерен равна 0,46.

Анализ качественного состава зерна пшеницы, проведенный в период уборки, выявил тенденцию повышения показателей содержания белка и клейковины с применением удобрений, в особенности обогащенных полимером. Относительно высокое содержание белка (14,8%) и повышенное клейко-

Таблица 2.

Элементы структуры и качества зерна озимой пшеницы в зависимости от использования биополимеров

Вариант	Количество побегов, шт/м ²	Масса 1000 зерен, г	Белок, %	Клейковина, %	Масса зерна, г/м ²	Урожайность, т/га
Контроль	480	31,3	12,1	26,1	388	3,9
1. NPK	519	34,2	12,5	26,3	457	4,6
2. NPK+биополимер (с водой)	585	35,8	13,7	27,6	543	5,4
3. NPK+биополимер (с лимонной кислотой)	587	36,5	14,8	28,3	558	5,6
НСР ₀₅						0,34

вины (28,3%) было в варианте 3. Улучшение данных показателей в процентном отношении к варианту 1 составило 18 и 8 соответственно.

Таким образом, включение в систему минерального удобрения биополимерных соединений, в частности поливинилового спирта, отвечает запросам современной отрасли растениеводства.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Занилов А.Х., Шилова Е.П. Инновационные приемы повышения эффективности минерального питания растений: метод. рек. М.: ФГБНУ «Росинформаагротех», 2017. 132 с.
2. Линков С.А., Кузнецова Л.Н., Акинчин А.В. Изменение токсичности и микробиологической активности почвы под влиянием сидеральных культур и способов их заделки. // Инновации в АПК: Проблемы и перспективы. 2017. № 3 (15). с. 108–115.
3. Лошаков В.Г. Севооборот и плодородие почвы. М.: Изд-во ВНИИА, 2012. 512 с.
4. Лошаков В.Г., Синих Ю.Н., Солдатова С.С. Роль поживной сидерации в биологизации / Доклады ТСХА. М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2010. С. 313–317.
5. Тибирьков А.П., Филин В.И. Влияние полимерного гидрогеля и условий минерального питания на урожай и качество зерна озимой пшеницы на светло-каштановых почвах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2012. № 3 (27). С. 1–5.
6. Черников В.А. Изменение гумусовых соединений почвы в длительном стационарном опыте ТСХА // Плодородие. 2002. № 4 (7). С. 35–36
7. Шабаетв А.И. Ресурсосберегающие технологии возделывания озимой пшеницы в агроландшафтах Поволжья // Земледелие. 2009. № 4. С. 13–15.
8. Эллерт Д.Ю., Райхерт Е.В. Накопление нитратов в растениях и качество озимой пшеницы при систематическом

использовании удобрений в условиях Топчихинского района Алтайского края // Известия Алтайского государственного университета. Серия: Биологические науки. Науки о Земле. Химия. 2014. № 3/1 (83). С. 110–113.

REFERENCES

1. Zanilov A.H., Shilova E.P. Innovacionnye priemy povysheniya effektivnosti mineral'nogo pitaniya rastenij: metod. rek. M.: FGBNU "Rosinformaagrotekh", 2017. 132 s.
2. Linkov S.A., Kuznecova L.N., Akinchin A.V. Izmenenie toksichnosti i mikrobiologicheskoj aktivnosti pochvy pod vliyaniem sideral'nyh kul'tur i sposobov ih zadelki. // Innovacii v APK: Problemy i perspektivy. 2017. № 3 (15). s. 108–115.
3. Loshakov V.G. Sevooborot i plodorodie pochvy. M.: Izdvo VNIIA, 2012. 512 s.
4. Loshakov V.G., Sinih Yu.N., Soldatova S.S. Rol' pozhivnoj sideracii v biologizacii / Doklady TSKHA. M.: Izdatel'stvo RGAU-MSKHA, 2010. S. 313–317.
5. Tibir'kov A.P., Filin V.I. Vliyanie polimernogo gidrogelya i uslovij mineral'nogo pitaniya na urozhaj i kachestvo zerna ozimoy pshenicy na svetlo-kashtanovyh pochvah // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. 2012. № 3 (27). S. 1–5.
6. Chernikov V.A. Izmenenie gumusovyh soedinenij pochvy v dlitel'nom stacionarnom opyte TSKHA // Plodorodie. 2002. № 4 (7). S. 35–36
7. Shabaev A.I. Resursosberegayushchie tekhnologii vozdelevaniya ozimoy pshenicy v agrolandshaftah Povolzh'ya // Zemledelie. 2009. № 4. S. 13–15.
8. Ellert D.Yu., Rajhert E.V. Nakoplenie nitratov v rasteniyah i kachestvo ozimoy pshenicy pri sistematicheskom ispol'zovanii udobrenij v usloviyah Topchihinskogo rajona Altajskogo kraja // Izvestiya Altajskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologicheskie nauki. Nauki o Zemle. Himiya. 2014. № 3/1 (83). S. 110–113.