

azotifiksiriushchikh mikroorganizmov v selskom khoziaistve // Biull. VIUA. – 1997. – No. 110. – S. 4-5.

5. Zavalin A.A. Biopreparaty, udobreniia i urozhai. – Moskva: VNIIA. 2005. – 302 s.

6. Nugmanova T.A. Biopreparaty – produkty mikrobiologicheskogo sinteza dlia proizvodstva ekologicheskii bezopasnykh produktov pitaniia: tekhnologiya, preimushchestva, perspektivy // Ekologicheskie aspekty zhiznedeiatelnosti cheloveka, zhivotnykh i rastenii. – Belgorod: ID «Belgorod» NIU «BelGU», 2017. – S. 45-76.

7. Sibbiofarm. 2023. [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: URL: <https://www.sibbio.ru/about/> (data obrashcheniia 11.11.2023 g.).

8. Monitoring plodorodiia pochv zemel selskokhoziaistvennykh ugodii Altaiskogo kraia

(1965-2010 gody) / Sarykin V.N., Khramkova T.D., Zarudnev Iu.I., Simakova S.A., Dymova L.V., Amelchenko Z.G. – Barnaul, 2012. – 30 s.

9. Monitoring plodorodiia pochv zemel selskokhoziaistvennykh ugodii Altaiskogo kraia (1965-2016 gody): spravochnik / Sarykin V.N., Dammer V.A., Simakova S.A., Dymova L.V., Melnikov A.I. – Barnaul: Tipografiia «Paragraf», 2017. – 382 s.

*Работа выполнена при поддержке гранта Губернатора Алтайского края для разработки качественно новых технологий, создания инновационных продуктов и услуг в сферах переработки и производства пищевых продуктов, фармацевтического производства и биотехнологий (Соглашение № 8 от 26.06.2023).*



УДК 631.417:579:631.8:633.11 “321”

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-231-1-56-63

**С.В. Жандарова, В.И. Беляев,  
О.В. Черепанова, Р.Е. Прокопчук  
S.V. Zhandarova, V.I. Belyaev,  
O.V. Cherepanova, R.E. Prokopchuk**

## ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ СНИЖЕНИИ НОРМЫ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ «АЗОФИТ N» И «АЗОФИТ P»

### CHANGES IN AGROCHEMICAL SOIL PROPERTIES AND SPRING WHEAT YIELDS WITH REDUCED APPLICATION RATES OF MINERAL FERTILIZERS AND APPLICATION OF AZOFIT N AND AZOFIT P FERTILIZERS

**Ключевые слова:** агрохимические свойства почвы, нормы удобрений, Азофит N, Азофит P, урожайность зерна яровой пшеницы.

Применение микробиологических удобрений «Азофит N» и «Азофит P», на почвах с разным уровнем плодородия позволяет уменьшить нагрузку на почвенную микрофлору при внесении минеральных удобрений под яровую пшеницу. При проведении сравнительной оценки действия микробиологических удобрений «Азофит N» и «Азофит P» при снижении нормы удобрения в зоне черноземов засушливой и умеренно-засушливой степи Алтайского края наблюдаются изменения агрохимических свойств почвы. За счет применения микробиологических препаратов и уменьшения норм минеральных удобрений усиливается деятельность почвенных микроорганизмов, способствующих мобилизации в почве азота, фосфора и калия, и улучшается доступность элементов питания для растений. Наибольшая урожайность зерна яровой пшеницы получена на всех участках различных по плодородию при уменьшении дозы минеральных удобрений на 15% с применением препаратов «Азофит N» и «Азофит P». При

снижении норм минерального питания на 30 и 50% по отношению к контролю применение микробиологических удобрений не способствует повышению урожайности зерна яровой пшеницы. При сравнении урожайности по уровням плодородия получены наибольшие показатели урожайности зерна на вариантах при высоком уровне плодородия на контроле и с уменьшением нормы питания на 15 и на 30%. более тесная зависимость урожайности была от содержания подвижного фосфора и калия к концу вегетации. Выявлена также значимая зависимость урожайности зерна яровой пшеницы от содержания гумуса в почве, т.к. содержание органического вещества в почве существенно влияет на плодородие почвы и формирование урожая.

**Keywords:** agrochemical soil properties, Azofit N fertilizer, Azofit P fertilizer, spring wheat grain yield.

The application of microbiological fertilizers Azofit N and Azofit P on soils with different fertility levels makes it possible to reduce the load on soil microflora when applying mineral fertilizers to spring wheat. When making comparative evaluation of the effect of microbiological fertilizers Azofit N and

Azofit P with decreased fertilizer rates in the chernozem zone of the arid and moderately arid steppe of the Altai Region, certain changes in the agrochemical soil properties are observed. Through the use of microbiological fertilizers and reduction of mineral fertilizer application rates, the activity of soil microorganisms is enhanced and that contributes to the mobilization of nitrogen, phosphorus and potassium in the soil and the availability of nutrients for plants is improved. The highest grain yields of spring wheat were obtained in all areas of varying fertility when the rate of mineral fertilizers was reduced by 15% and Azofit N and Azofit P were applied. With decrease of mineral nutrition by 30% and 50% compared to the control,

the application of microbiological fertilizers did not contribute to increase of grain yields of spring wheat. When comparing yields regarding fertility levels, the highest grain yields were obtained in the variants of high fertility level in the control and with decreased nutrition rates by 15% and 30%. The yields were more closely dependent on the content of mobile phosphorus and potassium by the end of the growing season. Significant dependence of the grain yield of spring wheat on the humus content in the soil was also revealed, because the content of organic matter in the soil significantly affected soil fertility and yield formation.

**Жандарова Светлана Викторовна**, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: jandarova-s@mail.ru.

**Беляев Владимир Иванович**, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: prof-belyaev@yandex.ru.

**Черепанова Ольга Васильевна**, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: cherepanova\_olga22@mail.ru.

**Прокопчук Роман Евгеньевич**, к.т.н., ассистент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: roman.prokopchuk.2015@mail.ru.

**Zhandarova Svetlana Viktorovna**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: jandarova-s@mail.ru.

**Belyaev Vladimir Ivanovich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: prof-belyaev@yandex.ru.

**Cherepanova Olga Vasilevna**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: cherepanova\_olga22@mail.ru.

**Prokopchuk Roman Evgenevich**, Cand. Tech. Sci., Asst., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: roman.prokopchuk.2015@mail.ru.

## Введение

Применение биологических средств защиты растений, стимуляторов роста и бактериальных удобрений является основой биологизации системы земледелия [1]. Биологические стимуляторы растений обладают комплексом положительных свойств, направленных на улучшение условий питания растений, регулирования физических, агрохимических и биологических свойств почв и повышение продуктивности сельскохозяйственных культур. К одному из способов биологизации сельского хозяйства можно отнести и применение microbiological препаратов при возделывании культур. Microbiological препараты известны уже очень давно, но их эффективность оказывалась не стабильной из-за многих факторов. В последнее время появились фундаментальные знания, позволяющие устранить недостатки и предложить новые подходы к оптимизации микробно-растительного взаимодействия [2]. Почвенные микроорганизмы оказывают положительный эффект за счёт минерализации органических веществ, азотфиксирующей способности, обеспечения растений доступными формами элементов питания для растений, стимулируют рост растений физиологически активными веществами. В отличие от минеральных удобрений, микробные препараты имеют ряд преимуществ: не загрязняют окружающую среду, безвредны для

человека и животных, не фитотоксичны и не обладают мутагенной активностью, т.к. созданы на основе штаммов естественных почвенных микроорганизмов [3-5].

## Актуальность

Впервые в условиях Алтайского края проведены исследования по оценке влияния предпосевной обработки семян яровой пшеницы microbiological удобрениями на основе азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих бактерий Азофит N и Азофит P, а также внесения их в почву на фоне снижения доз припосевого внесения минеральных удобрений на агрохимические свойства почвы при разных уровнях почвенного плодородия.

**Цель** исследований провести сравнительную оценку действия microbiological удобрений «Азофит N» и «Азофит P» при снижении нормы удобрений на изменение агрохимических свойств обыкновенных черноземов и урожайность зерна яровой пшеницы в зоне черноземов засушливой и умеренно-засушливой степи Алтайского края.

**Задача** исследования: оценить обеспеченность почв по вариантам опыта подвижными формами азота, фосфора и калия при возделывании яровой пшеницы с применением microbiological удобрений «Азофит N» и «Азофит P» на фоне различных доз минеральных

удобрений и установить их влияние на урожайность зерна яровой пшеницы.

### Объекты и методы исследований

Полевые опыты проведены в зоне черноземов засушливой и умеренно-засушливой степи на производственных посевах яровой пшеницы в СПК «Колос» Романовского района, площадь опытной делянки 20 га.

Объекты исследования: почвы обыкновенные черноземы, микробиологические удобрения «Азофит N» и «Азофит P», агрохимические свойства почвы, урожайность яровой пшеницы.

Перед закладкой опыта на поле были выделены участки низкого, среднего и высокого плодородия на основе карт почвенного плодородия онлайн «платформы Storyo», где были заложены варианты с применением микробиологических удобрений с разным уровнем удобренности. В качестве контроля взяты нормы минерального питания, принятые в хозяйстве  $N_{55,4}P_{26}K_{26}$ . Оценивалось снижение нормы внесения минеральных удобрений при посеве на 15, 30 и 50% с применением микробиологических удобрений, в составе которых азотфиксирующие микроорганизмы – Азофит N (*Azotobacter vinelandii*, *timp* не менее  $1 \cdot 10^9$ ) и фосфатмобилизующие – Азофит P (*Bacillus megaterium* var. *Phosphaticum* *timp* не менее  $1 \cdot 10^9$ ).

В качестве контроля был вариант с предпосевной подготовкой семян по схеме Оплот трио 0,5 л/т + Табу 0,8 л/т + Агромикс + Максифол Рутфарм. Удобрение предпосевное жидкое 175 л/га (сульфат аммония 20 кг/га, карбамид 60 кг/га, аммиачная селитра 40 кг/га в физическом весе). Удобрение припосевное – диаммофоска 100 кг/га. При такой системе удобрения норма минерального питания составила  $N_{55}P_{26}K_{26}$ .

На изучаемых вариантах применяли микробиологические удобрения «Азофит N» и «Азофит P» с предпосевной обработкой семян – 1 л/т и внесением в почву 1 л/га каждого удобрения при уменьшении нормы питательных веществ с минеральными удобрениями на 15% ( $N_{47}P_{22}K_{22}$ ), на 30% ( $N_{39}P_{18}K_{18}$ ) и на 50% ( $N_{28}P_{13}K_{13}$ ).

Схема опыта:

- 1) контроль, с нормой питания  $N_{55}P_{26}K_{26}$ ;
- 2) Азофит (N, P) +  $N_{47}P_{22}K_{22}$ ;
- 3) Азофит (N, P) +  $N_{39}P_{18}K_{18}$ ;
- 4) Азофит (N, P) +  $N_{28}P_{13}K_{13}$ .

Все варианты были заложены на участки низкого, среднего и высокого плодородия, на основе карт почвенного плодородия онлайн «платформы Storyo».

Высевали сорт яровой пшеницы Буран 26.05.2023 г. с нормой высева 5 млн шт/га. Предшественник – яровая пшеница. В течение вегетации проводились гербицидные обработки.

Отбор смешанных образцов на агрохимические показатели проводили из слоя 0-20 см перед посевом, в фазу кущения, выход в трубку – колошение, созревание – молочная спелость. В образцах определяли щелочногидролизующий азот (по Корнфилду), аммонийный азот (колориметрическим методом), подвижный фосфор и калий (по Чирикову) (табл. 1).

Агрохимические и физико-химические показатели почв существенно отличались по уровням плодородия участков поля, выделенных на основе онлайн «платформы Storyo». Обеспеченность щелочногидролизующим азотом ( $N_{щг}$ ) была низкой, азотом обменного аммония – очень низкой, подвижным фосфором – высокой и калием – очень высокой, реакция почвенного раствора соответствовала нейтральной. Содержание гумуса в почвах отличалось по участкам, самое высокое было на участке с высоким уровнем плодородия (6,7%).

Таблица 1

### Агрохимические и физико-химические показатели почвы перед закладкой опыта

Показатель	Уровень плодородия почвы		
	высокий	средний	низкий
$N_{щг}$ , мг/кг	56,0	57,4	51,8
N – $NH_4$ , мг/кг	3,5	2,9	2,8
$P_2O_5$ , мг/кг	147	169	184
$K_2O$ , мг/кг	422	385	327
pH <sub>в</sub>	6,25	6,48	6,59
T, мг-экв/100 г	44,32	44,52	44,58
G, %	6,69	5,85	4,86

### Результаты и их обсуждение

Погодные условия вегетационного периода 2023 г. характеризовались недостатком осадков в начале вегетации, гидротермический коэффициент мая, июня составил 0,61, при среднемноголетнем 0,89, что отразилось на всхожести растений яровой пшеницы, микробиологической активности и мобилизации питательных веществ в почве.

Содержание и динамика подвижных питательных веществ в почве зависят от многих факторов, почвенно-климатических условий,

температуры, влажности, фазы развития растений и их питания, микробиологической деятельности, интенсивности разложения органического вещества и т.д.

Содержание щелочногидролизуемого азота в почве за вегетационный период составило от 51,8 до 67,6 мг/кг, обеспеченность очень низкая (табл. 2).

На контрольном варианте по принятой системе удобрения яровой пшеницы содержание щелочногидролизуемого азота в почве было самым низким и составило 58,3 мг/кг в среднем за вегетационный период. С уменьшением дозы

вносимых минеральных удобрений и применением микробиологических препаратов содержание азота прямо пропорционально увеличивалось до 64,5 мг/кг (при уменьшении на 50%), что на 10,6% выше по сравнению с контролем.

На участках со средним и высоким уровнями плодородия, где содержание гумуса было выше, уменьшение дозы вносимых удобрений не снижало содержание щелочногидролизуемого азота в почве. При этом содержание в почве на участках со средним уровнем плодородия увеличивается на 9,5 мг/кг, а с высоким – на 15,8 мг/кг по отношению к контролю.

Таблица 2

**Содержание щелочногидролизуемого азота (по Корнфилду) и азота обменного аммония по вариантам опыта при разных уровнях плодородия, мг/кг (среднее за вегетацию)**

Вариант опыта	Щелочногидролизуемый азот				Аммонийный азот			
	уровни плодородия почвы			среднее по варианту	уровни плодородия почвы			среднее по варианту
	низкий	средний	высокий		низкий	средний	высокий	
1. Контроль N <sub>55</sub> P <sub>26</sub> K <sub>26</sub>	67,2	56,0	51,8	58,3	7,0	11,7	7,2	9,6
2. Азофит (N, P) + N <sub>47</sub> P <sub>22</sub> K <sub>22</sub>	63,5	61,1	54,1	59,6	12,1	8,6	7,8	8,3
3. Азофит (N, P) + N <sub>39</sub> P <sub>18</sub> K <sub>18</sub>	61,6	63,9	58,0	61,2	9,3	7,5	6,8	7,9
4. Азофит (N, P) + N <sub>28</sub> P <sub>13</sub> K <sub>13</sub>	60,4	65,5	67,6	64,5	8,1	9,1	12,5	6,2
Среднее по уровню плодородия	63,2	61,6	57,9	60,9	9,1	9,2	8,6	8,1
НСР <sub>05</sub>				9,15				5,52

В почве под влиянием микробиологических процессов аммонификации отмечается накопление аммонийного азота. На интенсивность микробиологических процессов влияет много факторов: влажность, аэрация, реакция среды, органическое вещество [6, 7].

Содержание аммонийного азота в почве в период исследования составило от 2,8 (до посева) до 12,5 мг/кг почвы, что соответствует от очень низкой (1-й класс) обеспеченности до средней (3-й класс) [8].

За весь период вегетации содержание азота обменного аммония отличалось по вариантам опыта и по уровням плодородия. Больше накопление аммонийного азота отмечалось при низком уровне плодородия на варианте с применением Азофита с уменьшением дозы удобрений на 15% – 12,1 мг/кг. При высоком уровне плодородия на варианте Азофит с уменьшением дозы на 50% содержание составило 12,5 мг/кг, соответствовало средней обеспеченности (3-й класс). При среднем уровне плодородия большее содержание отмечено на контроле N<sub>55</sub>P<sub>26</sub>K<sub>26</sub> – 11,7 мг/кг.

Почвенные микроорганизмы играют важную роль в круговороте фосфора благодаря его мо-

билизации из нерастворимых минеральных соединений (в частности фосфатов кальция, железа и алюминия) и трансформации органических фосфатов. Основными факторами превращения в почве труднорастворимых соединений фосфора в доступные для растений формы являются продукты микробного метаболизма, которые повышают доступность почвенных фосфатов за счёт усиленного растворения минеральных фосфатов благодаря подкислению почвенного раствора и высвобождению металла комплексообразователя (преимущественно анионов органических кислот) и ферментативного расщепления органических фосфатов [9-11].

Содержание подвижных форм фосфора и калия в почве (по Чирикову) составило 190,3 и 376,5 мг/кг (табл. 3).

Содержание подвижного фосфора в почве до посева отличалось по уровням плодородия. Обеспеченность при низком уровне соответствовала 4-му классу (повышенная – 147 мг/кг), а при среднем и высоком уровнях – 5-му классу (высокая – 169 и 184 мг/кг соответственно). В течение вегетации на всех вариантах опыта и по системе удобрения, и по уровням плодородия к фазе выхода в трубку – колошение происходила

мобилизация подвижных фосфатов до 5-го и 6-го классов обеспеченности (высокая и очень

высокая), где содержание составило от 181 до 203,3 мг/кг.

Таблица 3

**Содержание подвижного фосфора и калия (по Чирикову) по вариантам опыта при разных уровнях плодородия, мг/кг (среднее за вегетацию)**

Вариант опыта	Подвижный фосфор				Подвижный калий			
	уровни плодородия почвы			среднее по варианту	уровни плодородия почвы			среднее по варианту
	низкий	средний	высокий		низкий	средний	высокий	
1. Контроль N <sub>55</sub> P <sub>26</sub> K <sub>26</sub>	191,7	207,0	177,7	192,1	387,0	362,7	325,0	358,3
2. Азофит (N, P) + N <sub>47</sub> P <sub>22</sub> K <sub>22</sub>	203,3	198,0	201,0	200,8	501,3	350,7	382,0	411,3
3. Азофит (N, P) + N <sub>39</sub> P <sub>18</sub> K <sub>18</sub>	181,0	175,7	195,7	184,1	420,3	401,0	359,3	393,5
4. Азофит (N, P) + N <sub>28</sub> P <sub>13</sub> K <sub>13</sub>	185,0	180,3	187,7	184,3	366,3	350,0	312,0	342,8
Среднее по уровню плодородия	190,1	190,3	190,3	190,3	418,7	366,1	344,6	376,5
НСР <sub>05</sub>				28,27				61,71

При сравнении содержания подвижного фосфора по вариантам опыта в среднем за вегетацию в почвах при низком и среднем уровнях плодородия наибольшая величина была на контроле N<sub>55</sub>P<sub>26</sub>K<sub>26</sub> и Азофит N и P + N<sub>47</sub>P<sub>22</sub>K<sub>22</sub> (-15%) (от 191,7 до 203,3 мг/кг), что соответствует высокой и очень высокой обеспеченности). Снижение дозы минеральных удобрений (в том числе и фосфора) уменьшало содержание фосфора в целом за вегетацию (до 184,1 и 184,3 мг/кг) при среднем и высоком уровнях плодородия.

Запасы калия в почвах в разы больше, чем азота и фосфора. В почвах Западной Сибири колеблются от 1 до 2,5%, однако в песчаных и супесчаных разновидностях – от 0,2 до 0,5% [9, 12].

Содержание подвижного калия сильно отличается в зависимости от зоны исследования и гранулометрического состава. В обыкновенных чернозёмах очень высокое (376,5 мг/кг), т.к. эти почвы отличаются тяжёлым гранулометрическим составом (тяжелосуглинистые), богаты илистой фракцией и калийсодержащими минералами.

Наблюдалось очень высокое содержание обменного калия (6-й класс) от 312,0 до 501,3 мг/кг, с накоплением подвижных форм к концу вегетации (табл. 3).

При сравнении уровней плодородия по выделенным участкам на основе онлайн «платформы Storio» и изучаемым вариантам с применением Азофита и минеральных удобрений по содержанию обменного калия все значения относятся к очень высокой обеспеченности. Отмечается небольшое снижение содержания на варианте Азофит N и P + N<sub>28</sub>P<sub>13</sub>K<sub>13</sub> (-50%) до 376,5 мг/кг.

При рассмотрении средних значений содержания обменного калия за вегетацию по уровням плодородия отмечается мобилизацию калия на варианте Азофит N и P + N<sub>47</sub>P<sub>22</sub>K<sub>22</sub> (-15%) при низком уровне плодородия.

Урожайность зерна яровой пшеницы при изучении влияния микробиологических удобрений и уменьшении дозы минеральных удобрений по уровням плодородия почвы в среднем по всему опыту составила 3,76 т/га (табл. 4).

Наибольшая урожайность зерна получена при уменьшении нормы минерального питания на 15% (Азофит N и P + N<sub>47</sub>P<sub>22</sub>K<sub>22</sub>) 4,17 т/га, большее уменьшение нормы минерального питания снижало урожайность на 7,9% (Азофит N и P + N<sub>39</sub>P<sub>18</sub>K<sub>18</sub> (-30%)), но снижение было несущественным. На варианте с уменьшением нормы удобрений на 50% (Азофит N и P + N<sub>28</sub>P<sub>13</sub>K<sub>13</sub>) снижение урожайности зерна было существенным – на 0,60 т/га (14,3%), что составило 3,57 т/га.

При сравнении по уровням плодородия установлено, что отличия по урожайности зерна между низким и высоким уровнями плодородия были значительны, кроме варианта Азофит N и P + N<sub>28</sub>P<sub>13</sub>K<sub>13</sub> (-50%), где урожайности были на одном уровне 3,55-3,60 т/га. Наибольшие показатели урожайности зерна получены на вариантах при высоком уровне плодородия на контроле с нормой N<sub>55</sub>P<sub>26</sub>K<sub>26</sub> – 4,27 т/га, Азофит N и P + N<sub>47</sub>P<sub>22</sub>K<sub>22</sub> (-15%) – 4,50 т/га, Азофит N и P + N<sub>39</sub>P<sub>18</sub>K<sub>18</sub> (-30%) – 4,00 т/га.

Для установления зависимости урожайности зерна яровой пшеницы от содержания подвижных питательных веществ в почве, по срокам отбора почвенных образцов в течение вегетации, был проведён корреляционный анализ полученных данных (табл. 5) [13].

**Биологическая урожайность зерна яровой пшеницы по вариантам опыта**

Вариант опыта	Урожайность зерна, т/га			
	уровни плодородия почвы			среднее по варианту
	низкий	средний	высокий	
1. Контроль N <sub>55</sub> P <sub>26</sub> K <sub>26</sub>	3,71	4,00	4,27	3,99
2. Азофит (N, P) + N <sub>47</sub> P <sub>22</sub> K <sub>22</sub>	3,92	4,08	4,50	4,17
3. Азофит (N, P) + N <sub>39</sub> P <sub>18</sub> K <sub>18</sub>	3,56	3,95	4,00	3,84
4. Азофит (N, P) + N <sub>28</sub> P <sub>13</sub> K <sub>13</sub>	3,60	3,55	3,55	3,57
Среднее по уровню плодородия	3,70	3,50	4,08	3,76

НСР<sub>05</sub> = 0,46 т/га

**Таблица 5**

**Корреляционная зависимость урожайности яровой пшеницы от агрохимических показателей почвы (по опыту)**

Срок отбора почвенных образцов	Элементы питания			
	N <sub>щг</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
08.06.2023	0,514	0,203	0,387	0,531
23.06.2023	0,015	-0,063	0,253	0,264
03.08.2023	-0,422	0,080	0,582	0,756

Расчёт корреляционной зависимости урожайности от агрохимических свойств почвы в течение вегетации показал, что сравнительно выше зависимость была от содержания щёлочногидролизующего азота и азота обменного аммония в начале вегетации  $r=0,514$  и  $r=0,203$  соответственно, и к концу вегетации от содержания щёлочногидролизующего азота наблюдается отрицательная связь  $r=-0,422$ . Возможно такие низкие коэффициенты корреляции обусловлены малым количеством выборок.

К концу вегетации более тесная зависимость урожайности была от содержания подвижного фосфора и особенно калия  $r=0,582$  и  $r=0,756$  соответственно. Близких к единице значений не отмечено, что, вероятно, обусловлено влиянием внешних факторов, таких как температура и осадки, и также малым количеством выборок.

В целом наблюдается прямая и обратная связь, слабая и более сильная связь между урожайностью зерна и агрохимическими свойствами почвы, что, по-видимому, связано с недостаточностью данных, которые получены только за один вегетационный период, который был крайне неблагоприятным для культур. Для установления зависимости урожайности от содержания подвижных питательных веществ в почве в течение вегетационного периода необходимо продолжение исследования.

В опыте выявлена также тесная зависимость урожайности пшеницы от содержания гумуса в почве ( $r=0,706$ ), которая дает основание говорить о существенном влиянии содержания органического вещества в почве на её плодородие и формирование урожая зерна яровой пшеницы.

**Выводы**

При проведении сравнительной оценки действия микробиологических удобрений «Азофит N» и «Азофит P» при снижении нормы питания в зоне черноземов засушливой и умеренно-засушливой степи Алтайского края наблюдаются значимые изменения агрохимических свойств почвы. Содержание щелочногидролизующего азота, азота обменного аммония, подвижных форм фосфора и калия отличалось по уровням плодородия почв, по вариантам опыта с применением Азофит N и Азофит P, с изменением норм минерального удобрения под яровую пшеницу.

1. При уменьшении норм вносимых удобрений с дополнительным действием микробиологических препаратов «Азофит N» и «Азофит P» содержание щелочногидролизующего азота прямо пропорционально увеличивалось до 64,5 мг/кг (при уменьшении на 50%), что на 10,6% выше по сравнению с контролем.

2. За весь период вегетации содержание азота обменного аммония отличалось по вариантам опыта и по уровням плодородия. Больше накопление аммонийного азота отмечалось при низком уровне плодородия на варианте с применением Азофита N и P и уменьшением дозы удобрений на 15% – 12,1 мг/кг, при высоком уровне плодородия на варианте Азофит N и P + N<sub>28</sub>P<sub>13</sub>K<sub>13</sub> (-50%) – 12,5 мг/кг соответствовало средней обеспеченности (3-й класс).

3. Содержание подвижных форм фосфора в почвах в течение вегетации изменялось не су-

щественно и по вариантам опыта, и по уровням плодородия, составив от 175,7 до 203,3 мг/кг.

4. Существенной динамики подвижного калия в почвах в течение вегетации не наблюдалось. Содержание подвижного калия (по Чирикову) в чернозёме обыкновенном было очень высокое от 312,0 до 501,3 мг/кг, с накоплением к концу вегетации. При сравнении уровней плодородия и вариантов с применением Азофита N и P и минеральных удобрений по содержанию подвижного калия все значения относятся к очень высокой обеспеченности. Отмечается небольшое снижение содержания калия в почве на варианте с уменьшением нормы удобрений на 50%.

5. Урожайность зерна яровой пшеницы на всех участках различных по плодородию на варианте с применением микробиологического удобрения «Азофит N» и «Азофит P» и уменьшением нормы питания на 15% ( $N_{47}P_{22}K_{22}$ ) была самой высокой в опыте 3,92 – 4,50 т/га против 3,71 – 4,27 т/га на варианте с полной дозой минеральных удобрений. При сравнении урожайности по уровням плодородия получены наибольшие показатели урожайности зерна на вариантах: при высоком уровне плодородия на контроле ( $N_{55}P_{26}K_{26}$ ) 4,27 т/га, с уменьшением нормы питания на 15% ( $N_{47}P_{22}K_{22}$ ) 4,50 т/га и на 30% ( $N_{39}P_{18}K_{18}$ ) 4,00 т/га.

6. В целом наблюдается прямая и обратная связь, слабая и более сильная связь между урожайностью зерна и щелочногидролизуемым азотом и азотом обменного аммония. Более тесная зависимость урожайности была от содержания подвижного фосфора и калия  $r=0,582$  и  $r=0,756$  к концу вегетации.

В опыте выявлена также тесная зависимость урожайности пшеницы от содержания гумуса в почве ( $r=0,706$ ), которая дает основание говорить о существенном влиянии содержания органического вещества в почве на её плодородие и формирование урожая зерна яровой пшеницы.

#### Библиографический список

1. Кураченко, Н. Л. Почвенные аспекты применения биологических стимуляторов роста растений / Н. Л. Кураченко. – Текст: непосредственный // Почвы – стратегический ресурс России: тезисы докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Школы молодых ученых по морфологии и классификации почв, Сыктывкар, 22 апреля – 08 июня 2021 года / отв.

редакторы: С. А. Шоба, И. Ю. Савин. – Москва; Сыктывкар: Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, 2021. – Ч. 3. – С. 93-94.

2. Безбородова, А. В. Перспективы применения бактериальных удобрений в решении проблем биологизации сельского хозяйства (обзор литературы) / А. В. Безбородова. – Текст: непосредственный // Достижения молодежной науки для агропромышленного комплекса: сборник материалов LVI научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 14-18 марта 2022 года. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2022. – Ч. 1. – С. 22-29.

3. Свойства фосфатмобилизирующих бактерий и их влияние на урожайность зерновых культур на дерново-подзолистых супесчаных почвах / Н. А. Михайловская, О. Миканова, Т. Б. Барашенко [и др.] – Текст: непосредственный // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 2 (47). – С. 120-129.

4. Суховицкая, Л. А. Биологический азот: итоги и перспективы развития исследований в Институте микробиологии НАН Беларуси / Л. А. Суховицкая. – Минск: Хата, 2000. – С. 505-511. – Текст: непосредственный.

5. Биопрепараты в сельском хозяйстве (методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве) / И. А. Тихонович, А. П. Кожемяков, В. К. Чеботарь [и др.]. – Москва, 2005. – 4 с. – Текст: непосредственный.

6. Гамзиков, Г. П. Агрохимия азота в агроценозах. – Новосибирск: Изд-во СибКСХБ РАСХН, 2013. – 790 с. – Текст: непосредственный.

7. Данилов, М. Е. Действие микробиологического препарата Азофит на азотный режим чернозема Красноярской лесостепи / М. Е. Данилов. – Текст: непосредственный // Инновационные тенденции развития российской науки: материалы XII Международной научно-практической конференции молодых ученых, Красноярск, 08-09 апреля 2019 года / Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2019. – Ч. I. – С. 26-29.

8. Антонова, О. И. Агрохимия: практикум / О. И. Антонова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2018. – 80 с. – Текст: непосредственный.

9. Антонова, О. И. Применение удобрений в Алтайском крае: учебное пособие / О. И. Антонова, С. В. Жандарова, Е. М. Комякова. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2017. – 92 с. – Текст: непосредственный.

10. Чайковская, Л. А. Фосфатмобилизующие микроорганизмы: 1. биоразнообразие, влияние на минеральное питание растений и их продуктивность / Л. А. Чайковская, О. Л. Овсиенко. – Текст: непосредственный // Таврический вестник аграрной науки. – 2021. – № 4 (28). – С. 159-182.

11. Методические указания по определению щелочногидролизующего азота в почве по методу Корнфилда. – Москва, 1985. – 9 с. – Текст: непосредственный.

12. Бурлакова, Л. М. Элементы плодородия черноземов Алтайского Приобья и их оценка в системе господствующего агроценоза. – Барнаул, 1974. – С. 306. – Текст: непосредственный.

13. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – Москва: ИД Альянс, 2011. – 352 с.

#### References

1. Kurachenko, N. L. Pochvennye aspekty primeneniia biologicheskikh stimulatorov rosta rastenii / N. L. Kurachenko // Pochvy – strategicheskii resurs Rossii: Tezisy dokladov VIII siezda Obshchestva pochvedov im. V.V. Dokuchaeva i Shkoly molodykh uchenykh po morfologii i klassifikatsii pochv, Syktyvkar, 22 apreliia 2021 goda / Otv. redaktory S.A. Shoba, I.Iu. Savin. Ch. 3. – Moskva-Syktyvkar: IB FITs Komi NTs UrO RAN, 2021. – S. 93-94

2. Bezborodova, A. V. Perspektivy primeneniia bakterialnykh udobrenii v reshenii problem biologizatsii selskogo khoziaistva (obzor literatury) / A. V. Bezborodova // Dostizheniia molodezhnoi nauki dlia agropromyshlennogo kompleksa: Sbornik materialov LVI nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, Tiumen, 14–18 marta 2022 goda. Ch. 1. – Tiumen: GAU Severnogo Zauralia, 2022. – S. 22-29.

3. Svoistva fosfatmobilizuiushchikh bakterii i ikh vliianie na urozhainost zernovykh kultur na dernovo-podzolistykh supeschanykh pochvakh / N. A. Mikhailovskaia, O. Mikanova, T. B. Barashenko [i dr.] // Pochvovedenie i agrokimiia. – 2011. – No. 2 (47). – S. 120-129.

4. Sukhovitskaia, L.A. Biologicheskii azot: itogi i perspektivy razvitiia issledovaniia v Institute mikrobi-

ologii NAN Belarusi / L.A. Sukhovitskaia. – Minsk: Khata, 2000. – S. 505-511.

5. Tikhonovich I.A. Biopreparaty v selskom khoziaistve. (Metodologiya i praktika primeneniia mikroorganizmov v rastenievodstve i kormoproduktstve). / I.A. Tikhonovich, A.P. Kozhemiakov, V.K. Chebotar, Iu.V.Kruglov, N.V. Kandybin, G.Iu. Laptev. – Moskva, 2005. – 4 s.

6. Gamzikov G.P. Agrokimiia azota v agrotsenozakh. – Novosibirsk: Izd-vo SibKSKhB RASKhN, 2013. – 790 s.

7. Danilov, M. E. Deistvie mikrobiologicheskogo preparata Azofit na azotnyi rezhim chernozema Krasnoiarskoi lesostepi / M. E. Danilov // Innovatsionnye tendentsii razvitiia rossiiskoi nauki: Materialy XII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh, Krasnoiarsk, 08–09 apreliia 2019 goda / Krasnoiarskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. Ch. I. – Krasnoiarsk: Krasnoiarskii GAU, 2019. – S. 26-29.

8. Antonova, O.I. Agrokimiia: praktikum / O.I. Antonova. – 2-e izd., pererab. i dop. – Barnaul: RIO Altaiskogo GAU, 2018. – 80 s.

9. Antonova O.I. Primenenie udobrenii v Altayskom krae: uchebnoe posobie / O.I. Antonova, S.V. Zhandarova, E.M. Komiakova – Barnaul: RIO Altaiskogo GAU, 2017. – 92 s.

10. Chaikovskaia, L. A. Fosfatmobilizuiushchie mikroorganizmy: 1. bioraznoobrazie, vliianie na mineralnoe pitanie rastenii i ikh produktivnost / L. A. Chaikovskaia, O. L. Ovsienko // Tavrisheskii vestnik agrarnoi nauki. – 2021. – No. 4 (28). – S. 159-182.

11. Metodicheskie ukazaniia po opredeleniiu shchelochnogidrolizuemogo azota v pochve po metodu Kornfilda. – Moskva, 1985. – 9 s.

12. Burlakova L.M. Elementy plodorodiia chernozemov Altaiskogo Priobia i ikh otsenka v sisteme gospodstvuiushchego agrotsenozha. – Barnaul, 1974. – S. 306.

13. Dospekhov, B. A. Metodika polevogo opyta / B. A. Dospekhov. – Moskva: ID Alians, 2011. – 352 s.

*Работа выполнена при поддержке гранта Губернатора Алтайского края для разработки качественно новых технологий, создания инновационных продуктов и услуг в сферах переработки и производства пищевых продуктов, фармацевтического производства и биотехнологий (Соглашение № 8 от 26.06.2023).*

