

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОМОДИФИЦИРОВАННОГО УДОБРЕНИЯ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА НА ЯРОВОМ ЯЧМЕНЕ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ

Г.В. Сайдяшева, К.Г. Зайцева

**Реферат.** Исследования с целью определения влияния минеральных и биоминеральных удобрений, а также биопрепарата на содержание элементов питания (азота, фосфора и калия) в период вегетации в растениях ярового ячменя проводили в 2015–2017 гг. на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом Ульяновской области. Содержание гумуса в почве опытного участка составляло 6,43...6,62 % (по Тюрину), общего азота – 0,26 % (по Кьельдалю), подвижного фосфора и калия – 214...228 и 101...117 мг/кг почвы соответственно (по Чирикову), рН<sub>KCl</sub> – 6,3...6,8 ед., гидrolитическая кислотность – 1,20...1,29 ммоль/100 г почвы (по Каппену). Схема опыта включала в себя следующие варианты: без удобрений (контроль); БисолбиФит (инокуляция семян); N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15</sub> (азофоска обычная); N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15</sub>м (азофоска модифицированная БисолбиФитом); N<sub>7,5</sub>P<sub>7,5</sub>K<sub>7,5</sub>м (азофоска модифицированная БисолбиФитом в половинной дозе). Основа препарата БисолбиФит – штамм ризосферных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13, выделенный из чернозёмной почвы. Инокуляцию семян проводили за 1...2 дня до посева (400...600 г/т семян), азофоску обрабатывали в день внесения в почву (4 кг/т удобрений). Под действием исследуемого удобрения содержание азота в зелёной массе ячменя увеличивалось на 0,09...0,30 %, фосфора – на 0,09...0,18 %, калия – на 0,25...1,10 %, по отношению к контролю. Применение модифицированной азофоски и БисолбиФита положительно влияло на содержание основных элементов питания в растениях во все фазы развития. Установлена положительная связь между урожайностью культуры и содержанием в растениях в фазы кущения, трубкования и цветения азота (r = 0,78, 0,83, 0,75), фосфора (r = 0,80, 0,42, 0,71) и калия (r = 0,66, 0,59, 0,91).

**Ключевые слова:** минеральное удобрение, биопрепарат, чернозём, элементы питания, ячмень яровой (*Hordeum vulgare* L.).

**Введение.** Важным фактором формирования высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур выступает своевременное и полное обеспечение растений элементами питания.

Азот – один из основных компонентов растительных белков, которые включают в себя практически все незаменимые аминокислоты. Он также входит в состав хлорофилла, который участвует в фотосинтезе. Недостаток этого минерального элемента отрицательно сказывается на росте и развитии растений, что приводит к формированию невысокой урожайности [1]. Фосфор входит состав жизненно важных соединений, а также служит энергоносителем в растительной клетке. При его отсутствии замедляется развитие корневой системы, подавляется рост листьев и стеблей, резко снижается урожайность семян. Роль калия в организме растения обусловлена его способностью поддерживать физико-химические свойства протоплазмы, участвовать в превращении моносахаридов в сложные углеводы и перемещении их от листьев к корням.

Поэтому важно знать потребность растений в факторах формирования урожая и влиять на них приемами химизации и агротехники [2, 3]. К числу таких приемов, способных повлиять на продуктивность посевов сельскохозяйственных культур можно отнести совместное применение микробиологических препаратов и минеральных удобрений [4, 5, 6].

Анализ почвы позволяет оценить обеспеченность ее питательными веществами, степень их подвижности и доступности для растений. Однако количество веществ, фактиче-

ски доступных растениям, можно определить только по их содержанию в самих растениях. Поэтому, помимо анализа почвы, необходимо контролировать наличие элементов минерального питания в растениях на протяжении всего вегетационного периода [7, 8].

Цель исследований – изучение влияния минерального удобрения и микробиологического препарата на содержание азота, фосфора и калия в растениях ярового ячменя в течение вегетации.

**Условия, материалы и методы.** Исследования проводили в 2015–2017 гг. в 5-польном зернопаровом севообороте. Площадь опытной делянки 100 м<sup>2</sup>, размещение вариантов систематическое, повторность – трёхкратная. В опыте выращивали ячмень сорта Нутанс 553. Агротехника – общепринятая для Ульяновской области.

В исследованиях использовали комплексное минеральное удобрение азофоску и микробиологический препарат БисолбиФит (штамм *Bacillus subtilis* Ч-13). Этим препаратом проводили предпосевную обработку семян (400...600 г/т) и гранул минеральных удобрений (4 кг/т). Семена ярового ячменя обрабатывали за 1...2 дня до посева, азофоску – в день внесения в почву.

Схема опыта предусматривала изучение следующих вариантов: без удобрений (контроль); БисолбиФит (инокуляция семян); N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15</sub> (азофоска обычная); N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15</sub>м (азофоска модифицированная БисолбиФитом); N<sub>7,5</sub>P<sub>7,5</sub>K<sub>7,5</sub>м (азофоска модифицированная БисолбиФитом в половинной дозе).

Почва опытного участка – чернозём выще-

лоченный тяжелосуглинистый. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы опытного участка следующая: содержание гумуса – 6,43...6,62 % (по Тюрину), общего азота – 0,26 % (по Кьельдалю), подвижного фосфора и калия – 214...228 и 101...117 мг/кг соответственно (по Чирикову),  $pH_{KCl}$  – 6,3...6,8 ед. (по ГОСТ 26483-85), гидролитическая кислотность – 1,20...1,29 ммоль/100 г почвы (по Каппену).

Содержание азота в зелёной массе ячменя определяли по Кьельдалю (ГОСТ 13496-93), фосфора – фотометрическим методом (ГОСТ 26657-97), калия – методом пламенной фотометрии (ГОСТ 30504-97). Тесноту и форму взаимосвязей между изучаемыми показателями определяли методом корреляционно-регрессионного анализа (Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / 5-е изд., перераб. и доп. М.: Агрпромиздат, 1985. 351 с.).

Агрометеорологические условия в годы исследования были неодинаковыми. Май 2015 г. выдался сухим и жарким. В июне на фоне высоких температур в отдельные дни выпадали обильные осадки, количество которых составило 55,8 мм при климатической норме 62 мм. Июль был прохладным и дождливым. В августе стояла тёплая и сухая погода. Сумма осадков в апреле–сентябре составила 256,3 мм (при норме 307 мм), ГТК – 0,7 (при среднем многолетнем значении 1,0).

Условия вегетационного периода 2016 г. были благоприятными для роста и развития исследуемой культуры. Сумма осадков в апреле–сентябре составила 319,2 мм, ГТК – 0,8, август был очень засушливым.

Дождливой и прохладной погодой характеризовался вегетационный период 2017 г. Засушливыми были только август и сентябрь месяца. За вегетационный период выпало 396 мм осадков, ГТК составил 1,4.

**Результаты и обсуждение.** Наибольшее содержание азота, фосфора и калия в листьях ячменя во всех вариантах отмечали в фазе кущения. В дальнейшем, по мере увеличения вегетативной массы, оно исследуемых элементов уменьшалось.

В среднем за 3 года содержание азота в фазе кущения ярового ячменя в контрольном варианте составляло 2,60 %, в фазе трубкования и цветения – 1,38 % и 1,00 % соответственно. После обработки семян микробиологическим препаратом БисолбиФит перед посевом и при использовании обычной азофоски ( $N_{15}P_{15}K_{15}$ ) оно было на 0,08...0,18 % выше, чем в контроле. Наибольшее в опыте количество азота (2,90 % в фазе кущения, 1,76 % – в фазе трубкования и 1,23 % в фазе цветения) растения ячменя накапливали в варианте с внесением модифицированной микробиологическим препаратом азофоски ( $N_{15}P_{15}K_{15M}$ ). При половинной дозе этого удобрения ( $N_{7,5}P_{7,5}K_{7,5M}$ ) содержание азота в растениях

было чуть ниже – соответственно 2,90, 1,65 и 1,15 % (рис. 1).

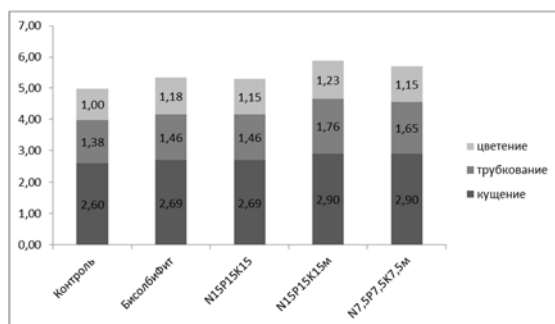


Рисунок 1 – Содержание азота в растениях ярового ячменя (среднее за 3 года), %.

Результаты корреляционно-регрессионного анализа показали наличие сильной положительной связи между урожайностью ярового ячменя и количеством азота в растениях по фазам развития:

$$y = 0,6892x + 0,7891 \quad R^2 = 0,6037$$

$r = 0,78$  (кущение);

$$y = 0,8484x - 0,8793 \quad R^2 = 0,6895$$

$r = 0,83$  (трубкование);

$$y = 0,4177x - 0,05 \quad R^2 = 0,5605$$

$r = 0,75$  (цветение).

Наибольшее содержание фосфора в растениях в среднем за 3 года отмечено при использовании модифицированной азофоски, что можно объяснить способностью ассоциативных бактерий повышать доступность фосфорных соединений почвы растениям [9, 10]. В варианте с внесением  $N_{15}P_{15}K_{15M}$  величина этого показателя в фазе кущения составила 1,26 %, по мере развития растений она снижалась до 1,09 % в фазе трубкования и 1,01 % в фазе цветения. Уменьшение дозы модифицированной азофоски до  $N_{7,5}P_{7,5}K_{7,5M}$  приводило к снижению содержания фосфора в растениях до 0,92...1,17 %. В контрольном варианте зафиксировано наименьшее в опыте содержание фосфора – 0,87...1,08 %. Инокуляция семян биопрепаратом перед посевом повышало величину этого показателя до 0,94...1,18 %, внесение обычной азофоски ( $N_{15}P_{15}K_{15}$ ) – до 0,90...1,14 % (рис. 2).

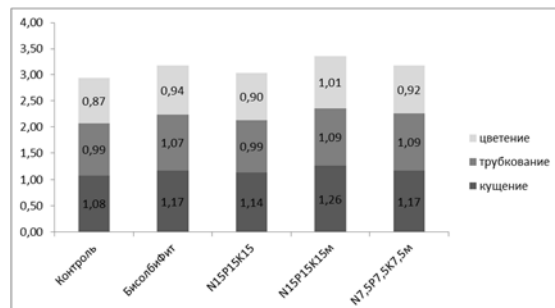


Рис. 2 – Содержание фосфора в растениях ярового ячменя (среднее за 3 года), %.

На основании уравнений регрессии также была выявлена положительная взаимосвязь (от средней до сильной) урожайности и содержания фосфора в растениях ярового ячменя:

$$y = 0,337x + 0,2022 \quad R^2 = 0,6357$$

$$r = 0,80 \text{ (кущение);}$$

$$y = 0,1402x + 0,6459 \quad R^2 = 0,1737$$

$$r = 0,42 \text{ (трубкование);}$$

$$y = 0,2411x + 0,2398 \quad R^2 = 0,4971$$

$$r = 0,71 \text{ (цветение).}$$

Применение полной дозы биомодифицированной микробиологическим препаратом БисолбиФит азотфоски способствовало повышению содержания калия в растениях ячменя. Инокуляция семян, внесение половинной дозы модифицированной азотфоски (N<sub>7,5</sub>P<sub>7,5</sub>K<sub>7,5</sub>M) и обычной азотфоски (N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15</sub>) влияли на величину этого показателя практически равноценно (рис. 3).

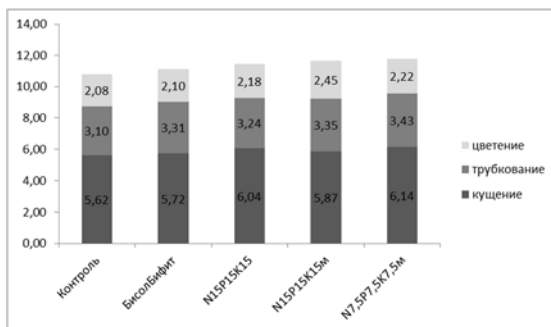


Рис. 3 – Содержание калия в растениях ярового ячменя (среднее за 3 года), %.

Результаты корреляционно-регрессионного анализа свидетельствуют о сильной положительной корреляции между урожайностью и количеством калия в растениях:

$$y = 0,921x + 3,2494 \quad R^2 = 0,4309$$

$$r = 0,66 \text{ (кущение);}$$

$$y = 0,4802x + 1,9156 \quad R^2 = 0,3515$$

$$r = 0,59 \text{ (трубкование);}$$

$$y = 0,8729x - 0,2852 \quad R^2 = 0,8246$$

$$r = 0,91 \text{ (цветение).}$$

Урожайность ярового ячменя в контрольном варианте была самой низкой – 2,67 т/га

(см. табл.). Инокуляция семян перед посевом обеспечивала ее увеличение на 0,06 т/га, или на 2,2 %, а применение обычной азотфоски – на 0,26 т/га (9,7 %), по отношению к контролю. При внесении модифицированной азотфоски в полной дозе отмечена максимальная в опыте прибавка – 0,38 т/га (14,2 %). В варианте с половинной дозой модифицированной азотфоски сбор зерна возрастал на 0,22 т/га, или 8,2 %.

Таблица – Урожайность ярового ячменя по вариантам опыта в зависимости от минеральных и бактериальных удобрений (среднее за 3 года), т/га

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю, %
Контроль	2,67	-
БисолбиФит	2,73	2,2
N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>15</sub>	2,93	9,7
N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>15</sub> M	3,05	14,2
N <sub>7,5</sub> P <sub>7,5</sub> K <sub>7,5</sub> M	2,89	8,2
НСР <sub>05</sub>	0,12	

**Выводы.** Изучение способов применения биопрепарата БисолбиФит на основе *Bacillus subtilis* Ч-13 показало, что инокуляция семян ярового ячменя и обработка гранул минерального удобрения обеспечивали увеличение содержания питательных веществ (азота, фосфора, калия) в растениях, что подтверждается результатами корреляционно-регрессионного анализа. В дальнейшем это положительно повлияло на урожайность культуры, которая возрастала на 2,2...14,2 %. Использование микробиологического препарата БисолбиФит для обработки семян сельскохозяйственных культур и минеральных удобрений может служить эффективным технологическим приемом при возделывании сельскохозяйственных культур.

#### Литература.

- Consumption of soil nitrogen by plants under the application of a mineral fertilizer green manure and biopreparation (The study involves 15 N) / A. A. Zavalin, L. S. Chernova, S. V. Sopochnikov, et al. // Russian Agricultural Sciences. 2020. Vol. 36. No. 1. P. 39–42
- Зинченко М. К., Зинченко С. И. Ферментативная активность серой лесной почвы при различных приемах основной обработки // Достижение науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 4. С. 17–21. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10402.
- Продуктивность полевого севооборота при различных системах удобрения и известковании / А. Н. Налиухин, О. А. Власова, А. В. Ерегин и др. // Плодородие. 2020. № 4 (115). С. 35–38.
- Зайцева К. Г., Сайдышева Г. В. Влияние минеральных, биоминеральных удобрений и биопрепарата на урожайность и качество зерна яровой пшеницы // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 3 (35). С. 30–33.
- Zavalin A. A., Vinogradova L. V. Geographical regularities of effect of inoculation with associative diazotrophs on the productivity of cereals // Plant microbial interaction: positive interactions in relation to crop production and utilization, aspects of applied Biology. 2001. Vol. 63. P. 123–127.
- The effectiveness of mineral and modified fertilizers when growing *avena sativa* / A. Kh. Kulicova, S. N. Nikitin, G. V. Saidyasheva, et al. // Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. 2019. Vol. 10. No. 4. P. 128–131.
- Основы растительной диагностики по оптимизации минерального питания культур зерносвекловичного севооборота / С. И. Тютюнов, В. В. Никитин, В. Д. Соловиченко и др. // Аграрная наука. 2018. № 9. С. 49–51.
- Агротехническая диагностика потребности полевых культур в азотных удобрениях / В. М. Красницкий, И. А. Бобренко, А. Г. Шмидт и др. // Плодородие. 2020. № 6. С. 40–44. doi: 10.25680/519948603.2020.117.12.
- Павлова А. Г. Взаимодействие микроорганизмов с фосфором // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2009. № 20. С. 334–345.
- Rodríguez H., Fraga R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion // Biotech.

**Сведения об авторах:**

Сайдяшева Галина Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией агрохимии, e-mail: galina\_83@list.ru

Зайцева Ксения Геннадиевна – младший научный сотрудник лаборатории агрохимии, e-mail: kseniazajceva393@gmail.com Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства  
Ульяновская область, Ульяновский район, пос. Тимирязевский, Россия

**EFFICIENCY OF THE MODIFIED FERTILIZER AND MICROBIOLOGICAL PREPARATION ON SPRING BARLEY IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE OF THE VOLGA REGION**

G. V. Saidyasheva, K.G. Zaytseva

**Abstract.** Studies to determine the effect of mineral, biomineral fertilizers and biological products on the content of nutrients (nitrogen, phosphorus and potassium) during the growing season in spring barley plants were carried out in 2015-2017 on leached heavy loam chernozem of Ulyanovsk region. The soil of the experimental site contained: humus 6.43...6.62 % (according to Tyurin), total nitrogen-0.26 % (according to Kjeldahl), mobile phosphorus and potassium-214 ... 228 and 101...117 mg/kg of soil, respectively (according to Chirikov), pHKCl – 6.3...6.8 (GOST 26483-85), hydrolytic acidity – 1.20...1.29 mmol/100 g of soil (according to Kappen).

The scheme of the experiment included the following options: without fertilizers (control); Bisolbiphite (seed inoculation); N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15</sub> (regular azofoska); N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15</sub>M (azofoska modified with BisolbiPhite); N<sub>7,5</sub>P<sub>7,5</sub>K<sub>7,5</sub>M (azofoska modified with BisolbiPhite in a half dose). We used a complex mineral fertilizer-azofoska in a dose of 15 kg d. v. per 1 ha of nitrogen, phosphorus and potassium and a microbiological preparation BisolbiFit, which serves as a modifier of seeds and mineral fertilizers. The drug is based on a strain of bacteria of the rhizosphere *Bacillus subtilis* H-13, isolated from chernozem soil. Inoculation of spring barley seeds with a biological preparation was carried out 1...2 days before sowing (400...600 g/t of seeds), mineral fertilizer was treated on the day of its application to the soil (4 kg/t of fertilizers). As the studied crop, the variety of spring barley Nutans 553, zoned in Ulyanovsk region, was sown on experimental plots. Mineral fertilizers and biological preparation had a positive effect on the nutrient content of spring barley plants. Under the influence of the studied fertilizer, the nitrogen content in the green mass of barley increased by 0.09...0.30%, phosphorus – by 0.09...0.18%, potassium-by 0.25...1.10 %, in relation to the variant where mineral fertilizer and microbiological preparation were not used. As a result of the correlation analysis, a positive relationship was established between the yield of barley and the content of nutrients in plants during the tillering, tubing and flowering phases: with nitrogen (r = 0.78; 0.83; 0.75), phosphorus (r = 0.80; 0.42; 0.71) and potassium (r = 0.66; 0.59; 0.91). As a result of this research work, it was found that the use of the studied fertilizers and the biological product BisolbiFit positively affected the content of the main nutrients (nitrogen, phosphorus and potassium) in spring barley plants in all phases of its development.

**Key words:** mineral fertilizer, biological product, chernozem, food elements, spring barley (*Hordeum vulgare* L.).

**References**

1. Zavalin AA, Chernova LS, Sopochnikov SV. [Consumption of soil nitrogen by plants under the application of a mineral fertilizer green manure and biopreparation]. (The study involves 15 N). Russian Agricultural sciences. 2020; Vol. 36; (1): 39-42 p.
2. Zinchenko MK, Zinchenko SI. [Enzymatic activity of gray forest soil with different methods of basic processing]. Dostizhenie nauki i tekhniki APK. 2021; 35 (4): 17-21 p. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10402.
3. Naliukhin AN, Vlasova OA, Erejin AV. [Productivity of field crop rotation with different fertilization and liming systems]. Plodorodie. 2020; 4 (115): 35-38 p.
4. Zaitseva KG, Saidyasheva GV. [Influence of mineral, biomineral fertilizers and biological products on the yield and grain quality of spring wheat]. Vestnik Kurganskoi GSKhA. 2020; 3 (35): 30-33.
5. Zavalin AA, Vinogradova LV. [Geographical regularities of effect of inoculation with associative diazotrophs on the productivity of cereals]. Plant microbial interaction: positive interactions in relation to crop production and utilization, aspects of applied Biology. 2001; Vol. 63: 123-127 p.
6. Kulicova AKh., Nikitin SN, Saidyasheva GV. [The effectiveness of mineral and modified fertilizers when growing avena sativa]. Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. 2019; Vol. 10; 4: 128-131 p.
7. Tyutyunov SI, Nikitin VV, Solovichenko VD [Basics of plant diagnostics to optimize the mineral nutrition of crops of grain-beet crop rotation]. Agrarnaya nauka. 2018; 9: 49-51 p.
8. Krasnitskii VM, Bobrenko IA, Shmidt AG. [Agrotechnical diagnostics of the need for field crops in nitrogen fertilizers]. Plodorodie. 2020; 6: 40-44 p. doi: 10.25680/519948603.2020.117.12.
9. Pavlova AG. Vzaimodeistvie mikroorganizmov s fosforom. Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoi i shel'fovoi zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shleifa. [Interaction of microorganisms with phosphorus. Ecological safety of coastal and shelf zones and integrated use of plume resources]. 2009; 20: 334-345 p.
10. Rodrigus H, Fraga R. [Phosphate solubilizing bacteria and its role in plant growth promotion]. Biotech. Advances. 1999; Vol. 17; 4: 319-339 p. doi: 10.1016/s0734-9750(99)00014-2.

**Authors:**

Saidyasheva Galina Vladimirovna – Ph.D. of Agricultural sciences, head of Agrochemistry laboratory Department, e-mail: galina\_83@list.ru

Zaytseva Kseniya Gennadievna – Junior researcher of Agrochemistry Laboratory, e-mail: kseniazajceva393@gmail.com Samara Federal Research Scientific Center of RAS, Ulyanovsk Scientific Research Agriculture Institute, 19 Institutskaya Street, Timiryazevsky township, Ulyanovsk region, Russia.