

## ВЛИЯНИЕ МИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА БАКСИБ НА ОЗИМЫЙ ЯЧМЕНЬ И СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО

<sup>1,2</sup>С.М. Нерсисян, аспирант

<sup>1,2,3</sup>И.М. Дубовский, доктор биологических наук, профессор

<sup>1</sup>Л.Н. Коробова, доктор биологических наук, профессор

<sup>1</sup>Новосибирский государственный аграрный университет

<sup>2</sup>Томский государственный университет

<sup>3</sup>Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

E-mail: smnersesyan@gmail.com

**Ключевые слова:** ячмень, биопрепарат БакСиб, почвенные микроорганизмы, урожайность, стимуляция роста растений, защита растений, чернозем южный.

**Реферат.** Показана эффективность бактеризации озимого ячменя Базальт комплексным микробным препаратом БакСиб полусухим методом обработки семян (10 л/т рабочего раствора) и однократной обработкой вегетирующих растений на черноземе южном совместно с химическими пестицидами и без них. После обработки препаратом наблюдалось снижение численности микроскопических грибов в почве до 3 раз в фазе кущения и на 21% в фазе полной спелости в сравнении с контролем, увеличение числа аммонификаторов от 44 до 81,4%, увеличение численности бактерий, усваивающих минеральный азот, от 79 до 116%. Выявлено стимулирующее действие БакСиб на высоту растений ячменя во все фазы роста на 7,9–13,3% в сравнении с контролем. Урожайность ячменя повысилась до 9%, увеличилось количество зерен в колосе на 9,6% по сравнению с контролем и на 6,4% при сравнении полной технологии защиты растений хозяйства и дополнительной бактеризации препаратом БакСиб. Определена совместимость БакСиб с инсектицидом для протравливания семян Клотианидином Про (клотианидин 350 г/л) и фунгицидом Сфинксом (тебуконазол 60 г/л). Показано, что под действием химических протравителей исходный титр биопрепарата ( $10^{10}$ – $10^{12}$  клеток) снижается в 3–4 раза; максимальное снижение, отмеченное для отдельных групп микроорганизмов БакСиб, составляет два порядка. Препарат способствовал пролонгированному увеличению в черноземе южном копиотрофных бактерий и пополнению ее азотного фонда в важный для зерновой продуктивности период колошения за счет повышенной минерализации органических остатков в почве.

## THE INFLUENCE OF THE MICROBIAL PREPARATION BAKSIB ON WINTER BARLEY AND THE STATE OF SOUTHERN CHERNOZEM

<sup>1,2</sup>S.M. Nersesyan, Postgraduate Student

<sup>1,2,3</sup>I.M. Dubovskiy, Doctor of Biological sciences, Professor

<sup>1</sup>L.N. Korobova, Doctor of Biological sciences, Professor

<sup>1</sup>Novosibirsk State Agrarian University

<sup>2</sup>Tomsk State University

<sup>3</sup>Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences

E-mail: smnersesyan@gmail.com

**Keywords:** barley, biological product BakSib, soil microorganisms, productivity, stimulation of plant growth, plant protection, southern chernozem.

**Abstract.** In the article, the authors showed the effectiveness of bacterization of winter barley variety Basalt with a complex microbial preparation BakSib. The authors used a semi-dry method of seed treatment (10 l/t of working solution) and a single treatment of vegetative plants on the southern chernozem together with chemical pesticides and without them. After treatment with the drug was observed: 1) a decrease in the number of microscopic fungi in the soil up to 3 times in the tillering phase and by 21% in the full ripeness phase in comparison with the control; 2) an increase in the number of ammonifiers from 44 to 81.4%; 3) an increase in the number of bacteria that assimilate mineral nitrogen from 79 to 116%. The authors revealed the stimulating effect of BakSib on the height of barley plants in all growth phases by 7.9–13.3% compared to the control. The yield of barley increased to 9%, and the number of grains per ear increased by 9.6% compared to the control and by 6.4% when comparing the full

technology of plant protection of the farm and additional bacterization with BakSib. The authors also determined the compatibility of BakSib with the insecticide Clothianidin Pro (clothianidin 350 g/l) and the fungicide Sphinx (tebuconazole 60 g/l) for seed dressing. During the study, the authors found that under the action of chemical protectants, the initial titer of the biological product (10<sup>10</sup>–10<sup>12</sup> cells) is reduced by 3–4 times. The maximum decrease noted for individual groups of Baksiba microorganisms is two orders of magnitude. The drug contributed to a prolonged increase in copiotrophic bacteria in the southern chernozem and replenishment of its nitrogen fund during the heading period, which is important for grain productivity due to increased mineralization of organic residues in the soil.

Ячмень – одна из древнейших культур земледелия, посеvy которого распространены повсеместно. Россия занимает первое место в мире по производству ячменя [1]. Хозяйственное значение ячменя огромно. Это универсальная культура. Она имеет продовольственное, кормовое, техническое значение. Ячмень является хорошим предшественником других сельскохозяйственных культур, включая зерновые [2]. Таким образом, посеvy ячменя имеют большую ценность и практическое значение, поэтому особенно важно совершенствовать приемы агротехники с учетом биологических особенностей культуры и почвенно-климатических условий.

Современное сельхозпроизводство характеризуется применением большого количества минеральных удобрений и химических средств защиты растений, которые негативно влияют на почвенную биоту и приводят к агроистощению почв [3–4].

Самым значимым фактором в любом сельскохозяйственном производстве является плодородие почв, которое обеспечивает хороший урожай. Почва представляет собой сложный живой организм, а ее плодородие зависит от наличия гумуса, органического вещества и почвенной биоты, которая и превращает органическое вещество в гумус и «производит» питательные вещества для растений. Среди обитателей почвы ключевую роль играют микроорганизмы, в связи с этим в последние годы они все чаще стали использоваться в сельском хозяйстве в качестве основы для биопрепаратов.

Микроорганизмы находятся в тесных взаимоотношениях с растениями и оказывают влияние друг на друга [5]. Бактерии, ассоциированные с растениями, стали объектом активных исследований только с середины 1970-х гг. Таксономически эти бактерии чрезвычайно разнообразны, наиболее изучены представители родов *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Pseudomonas* и *Bacillus* [6, 7].

Микроорганизмы оказывают прямое и косвенное влияние на рост и развитие растений. К прямому воздействию принято относить: фиксацию атмосферного азота, гормо-

нальную стимуляцию, увеличение доступных для растений питательных веществ, деградацию ксенобиотиков. Косвенное влияние связано с угнетением роста фитопатогенных микроорганизмов и повышением устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды [6, 8]. С этих позиций микробиологические препараты для растениеводства и их влияние на состояние почвы представляют как научный, так и практический интерес для исследований.

Цель исследования – определение хозяйственной эффективности применения микробиологического препарата БакСиб на культуре ячменя сорта Базальт отдельно и при включении его в используемую технологию хозяйства в качестве биологического фактора влияния на состояние почвы.

В задачи исследования входило определение выживаемости микроорганизмов в баковых смесях с химическими пестицидами, анализ микрофлоры почвы и учет морфометрических показателей ячменя, а также оценка структуры урожая и урожайности.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования стали микробиологический препарат БакСиб, разработанный кафедрой агроэкологии и микробиологии Новосибирского государственного аграрного университета и производимый компанией ООО «ЭМ-Биотех», озимый ячмень сорта Базальт и чернозем южный Ставропольского края.

Исследования проводились на производственном поле ООО СельхозПром Ставропольского края, а также на лабораторной базе кафедры защиты растений Новосибирского государственного аграрного университета. Почва – чернозем южный, технология обработки почвы – минимальная. Общий минеральный фон: аммофос (12–52) – 100 кг/га, удобрение серосодержащее N<sub>16</sub>P<sub>20</sub>+S<sub>12</sub> – 100 кг/га, КАС-32 – 130 кг/га. Культура – озимый ячмень, сорт Базальт,

предшественник – озимая пшеница, сорт Баграт. Глубина заделки семян – 4 см, между-рядья – 15 см, норма высева – 3 млн семян на 1 га (125 кг).

Обработка семян проводилась на ПС-10, расход рабочей жидкости 12 л/т. Для обработки семян ячменя использовались препараты: Клотиаиндин Про (инсектицид, д.в. – клотиаиндин 350 г/л), Сфинкс (фунгицид, д.в. – тебуконазол 60 г/л), Agromax Осенний уход (состав, г/л: P – 20, K – 35, Mg – 3,5, S – 5, Mn, Cu, Zn, Co, Se – менее 2 г/л), микробиологический препарат БакСиб. Последний представляет собой комплекс агрономически полезных микроорганизмов, засеянных на пшеничные отруби, с составом: *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Bacillus amyloliquefaciens*. Титр клеток  $10^{10}$ - $10^{12}$ .

Предпосевная обработка почвы: дискование (агрегат – «Доминанта Д-620п»), рыхление (плуг чизельный ПЧ-4), культивация («Малахит»), прикатывание (каток УГП-6), глубина обработки почвы 7–15 см. Посев производился посевным комплексом Amazone DMC-9000 15 октября 2020 г.

Для обработки вегетирующих растений использовался самоходный штанговый опрыскиватель «Туман-2М», применяемые пре-

параты: Оксанол (адьювант, д.в. – этоксилат алифатических спиртов 750 г/л), Агростар (гербицид, д.в. – трибенурон-метил, 750 г/кг), ТифилАгро (гербицид, д.в. – тифенсульфурон-метил, 750 г/кг), микробиологический препарат БакСиб (титр клеток  $10^{10}$ - $10^{12}$ ).

Схема производственного опыта (табл. 1) включала 4 варианта:

1. Контроль (без обработок).
2. БакСиб (обработка семян препаратом БакСиб + обработка растений в фазе колошения препаратом БакСиб)
3. БакСиб + химические средства защиты растений (обработка семян препаратом БакСиб и химическими протравителями семян + обработка растений в фазе колошения препаратом БакСиб и химическими средствами защиты растений).
4. Химические средства защиты растений (обработка семян химическими протравителями семян + обработка растений в фазе колошения химическими средствами защиты растений).

Варианты опыта были разделены на делянки: контроль – 8 га, БакСиб – 7,7 га, БакСиб + химические средства защиты растений – 14,7 га, химические средства защиты растений – 12,1 га.

Таблица 1

Схема производственного опыта  
Field Experience Scheme

Вариант	Семенной материал		Период вегетации			
	Препарат	Норма расхода, л/т	Пестицид	Норма расхода, л/га	Биопрепарат	Норма расхода, л/т
1	2	3	4	5	6	7
Контроль	–	–	–	–	–	–
БакСиб	БакСиб	0,08	–	–	БакСиб	0,05
БакСиб + химические средства защиты растений	Клотиаиндин Про (инсектицид), 350 г/л	0,72	Оксанол (адьювант)	0,2	БакСиб	0,05
	Сфинкс (фунгицид)	0,36	Агростар (гербицид)	0,02		
	Агромах Осенний уход	1	Тифил Агро (гербицид)	0,015		
	БакСиб	0,08	Триафол (фунгицид)	0,5		

1	2	3	4	5	6	7
Химические средства защиты растений	Клотианидин	0,72	Оксанол (адыювант)	0,2	БакСиб	0,05
	Сфинкс (фунгицид)	0,36	Агростар (гербицид)	0,02		
	Агромах (микроэлементы)	1	Тифил Агро (гербицид)	0,015		
	–	–	Триафол (фунгицид)	0,5		

*Совместимость биопрепарата с пестицидами.* Для определения выживаемости культур микроорганизмов в баковых смесях с пестицидами отдельные культуры микроорганизмов выдерживали 5 ч в баковой смеси с протравителями: Клотианидин Про и Сфинкс, после чего был произведен посев на селективные питательные среды: капустная среда для *Lactiplantibacillus*, Эшби для *Azotobacter* и МПА для *Bacillus*.

*Микробиологические исследования.* Микробиологические посе́вы были произведены 4 раза за сезон – в ноябре в фазе 2–3 листьев, в феврале в фазе кущения, в апреле в фазе колошения и в июне перед уборкой. Отбор почвы производили по диагонали в 5 точках по всей длине делянки, глубина 5–20 см, смешивали среднюю пробу и методом предельных разведений осуществляли посев на питательные среды, после чего был произведен подсчет КОЕ различных эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов. На среде МПА (мясо-пептонный агар) учитывали бактерии, усваивающие органический азот, на среде КАА (крахмало-аммиачный агар) – бактерии, усваивающие минеральный азот, на ГА (голодный агар) – олиготрофные микроорганизмы, на среде Чапека – микроскопические грибы [9, 10].

*Исследования растений.* Для морфометрического анализа и определения фитомассы отбор растений проводился 3 раза за сезон (в феврале в фазе кущения, в апреле в фазе колошения и в июне перед уборкой) в 10-кратной повторности, 100 растений для каждого варианта. Исследуемые показатели: длина и биомасса (сырая) корневой системы и надземной части, площадь листьев, толщина стебля.

Для оценки корневой системы растения выкапывали с площади 20 x 20 см на глубину 25 см, после чего корневую систему отмыва-

ли, измеряли длину и после подсушивания на воздухе в течение 3 ч. производили взвешивание.

Измерение площади листьев проводилось в фазе колошения в пятикратной повторности, производился замер трех верхних листьев у 50 растений. Измеряли наибольшую длину и ширину (А и В) листовой пластинки. Используя универсальный коэффициент 0,75, находили площадь ( $S = A \times B \times 0,75$ ) для каждого элемента выборки.

Биологическую урожайность учитывали в четырехкратной повторности, отобрав 10 сентября снопы с площадок 0,25 м<sup>2</sup>. Бункерную урожайность высчитывали после взвешивания зерна всего опытного участка и деления полученной массы на площадь участка.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы GraphPad Prism версия 9.2.0. Статистический метод – односторонний дисперсионный анализ (ANOVA) с поправкой Бонферрони для множественных сравнений. Полученные данные достоверны при  $p < 0,05$  (\* различия достоверны на 5 %-м уровне значимости; \*\* различия достоверны на 1 %-м уровне значимости; \*\*\* различия достоверны на 0,1 %-м уровне значимости)

Погодные условия сезона 2020/21 г. (рис. 1) были достаточно хорошими для развития озимого ячменя. Гидротермический коэффициент (ГТК) за вегетационный период составил 1,3, что характеризует условия естественного увлажнения как умеренные. С февраля по июнь осадков выпадало больше нормы на 5,1 (апрель) – 33,2 мм (февраль) по сравнению с многолетними данными. В сравнении со среднемноголетними данными, за исключением марта, температуры также были выше весь вегетационный период, что в целом положительно сказалось на вегетации растений.

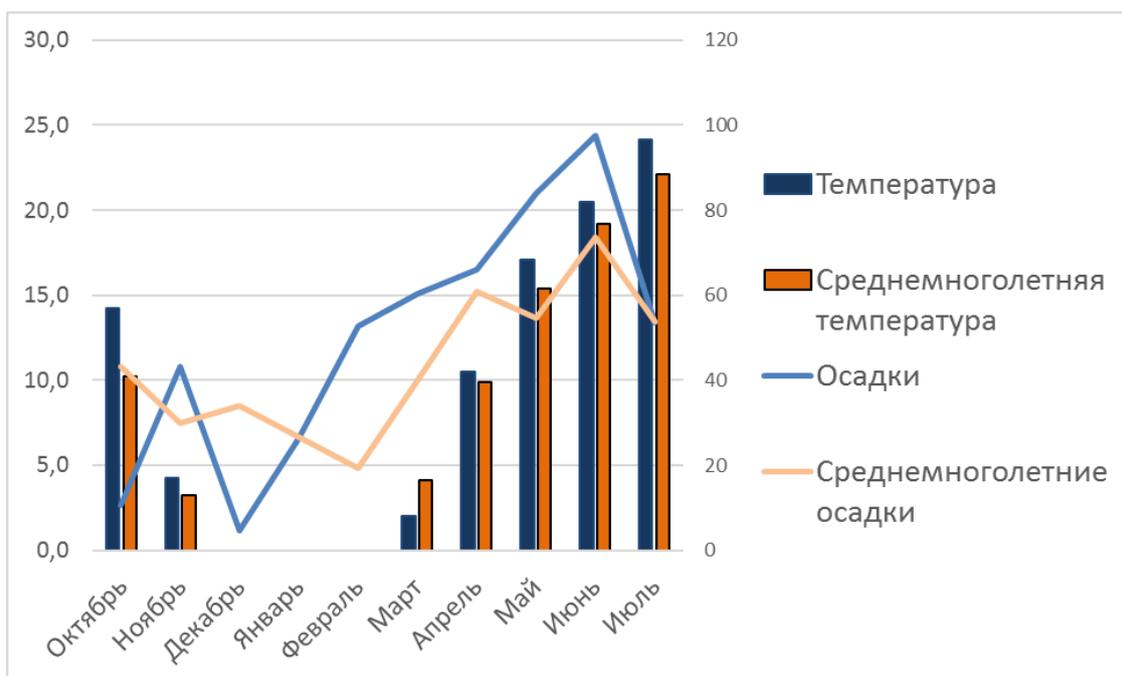


Рис. 1. Агроклиматическая характеристика вегетационного периода 2020/21 г. (по ГМС «Невинномысск»)

Fig. 1. Agro-climatic characteristics of the growing season 2020/21 (according to the Nevinnomysk Hydrometeorological Station).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Совместимость биопрепарата с пестицидами.** В интегральной защите растений при применении биологических препаратов на основе живых организмов совместно с химическими пестицидами очень важно провести проверку влияния последних на биологические агенты. Известно, что химические протравители могут угнетать или полностью уничтожать микроорганизмы в зависимости от действующего вещества и его концентрации [11, 12]

Установлено, что исследуемые протравители достоверно снижают титр всех микро-

организмов в препарате БакСиб – от 4,3 раза (*B. subtilis*) до двух порядков (*Az. croococcum*, *L. plantarum*). Это обусловлено тем, что большая часть клеток бактерий в препарате находится в виде спор, а они обладают повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам окружающей среды [13]. Клотиаинидин угнетает микроорганизмы немного сильнее, чем тебуконазол, однако при этом окончательный титр микроорганизмов не снижался до критических значений, а оставался на достаточно высоком уровне (табл. 2). С учетом полученных данных были скорректированы нормы применения препарата.

Таблица 2

**Изменение титра микроорганизмов препарата БакСиб под воздействием протравителей, КОЕ в 1 мл (среднее ± SD)**

**Change in the titer of microorganisms of the BakSib preparation under the influence of protectants, CFU in 1 ml (mean ± SD)**

Микроорганизм	Вариант		
	контроль	350 г/л клотианидин	60 г/л тебуконазол
<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	21,6±5,1x10 <sup>12</sup>	15,8±4,8x10 <sup>10</sup>	6,3±2,4x10 <sup>11</sup>
<i>Azotobacter chroococcum</i>	4,3±1,6x10 <sup>11</sup>	5,7±2,5x10 <sup>9</sup>	9,2±4x10 <sup>9</sup>
<i>Bacillus megaterium</i>	6,3±1,7x10 <sup>12</sup>	2,8±1x10 <sup>11</sup>	6±1,2x10 <sup>11</sup>
<i>Bacillus subtilis</i>	20,3±4,2x10 <sup>12</sup>	9,8±1,5x10 <sup>11</sup>	4,7±0,7x10 <sup>12</sup>
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	2,4±0,5x10 <sup>12</sup>	1,7±0,4x10 <sup>11</sup>	2,1±0,5x10 <sup>11</sup>

*Микробиологические исследования.* Микробиологические исследования показали, что обработка семян только микробным препаратом положительно повлияла на численность копиотрофных бактерий, которые развиваются при относительно высоких концентрациях углеродсодержащих питательных веществ [14], а также на общую численность микроорганизмов (табл. 3–6). Численность аммонификаторов (бактерий, усваивающих органический азот, участвующих в минерализации азотсодержащих органических соединений) по сравнению с контролем в варианте с биопрепаратом была достоверно выше во всех фазах развития растений (на 44–81,4%), численность бактерий, усваивающих минеральный азот и иммобилизующих почвенный аммоний, выше на 79–116% во все фазы вегетации, кроме кущения. Соотношение этих групп в виде КАА/МПА, согласно классической почвенной микробиологии, свидетельствует о напряженности процесса минерализации органических остатков в почве и пополнении ее азотного фонда. Более всего это важно для культуры в фазу колошения и налива зерна. Положительное влияние микроорганизмов БакСиб, привнесенных с семенами, на обогащение почвы азотом четко проявилось в опыте именно в этот пери-

од. Коэффициент минерализации (бактерии КАА/ бактерии МПА) был однозначно выше в почве тех вариантов, где использовался биопрепарат (рис. 2). Особенно это проявилось относительно применения химических средств защиты растений, где минерализация оказалась существенно подавленной.

В вариантах опыта с применением БакСиб наблюдалось снижение численности микроскопических грибов, что представляет собой положительный эффект бактериализации посевов: до 3 раз в фазе кущения ячменя и на 21% в фазе полной спелости. Фунгистатическая и фунгицидная активность видов микроорганизмов, входящих в состав препарата БакСиб, подтверждается множественностью исследований [15–17].

В вариантах с применением химических средств защиты растений численность грибов также была ниже (от 1,5 до 5 раз) во все исследуемые периоды, что обусловлено применением фунгицидных препаратов (табл. 3–6). Численность других групп микроорганизмов после применения химических пестицидов менялась неоднозначно как по фазам, так и по группам: наблюдалось и отсутствие эффекта, и угнетение, и стимуляция. Такая динамика не поддается объяснению и требует дополнительных исследований.

Таблица 3

**Микрофлора почвы при обработке препаратом БакСиб и химическими СЗР в фазе всходов (2–3 листа), млн КОЕ на 1 г почвы**

**Soil microflora after treatment with BakSib and chemical plant protection products in the seedling phase (2–3 leaves), million CFU per 1 g of soil**

Вариант	МПА	КАА		ГА
		всего	актиномицеты	
Контроль	3	5,4	0,56	7
БакСиб	5,5*	10,8*	0,69	7,5
Химические средства защиты растений +БакСиб	3,6	3,7	0,78	4,1*
Химические средства защиты растений	3	5,8	0,47	8,3

Таблица 4

**Микрофлора почвы при обработке препаратом БакСиб и химическими средствами защиты растений в фазе кущения, млн КОЕ на 1 г почвы**

**Soil microflora when treated with BakSib and chemical plant protection products in the tillering phase, million CFU per 1 g of soil**

Вариант	МПА	КАА		ГА	ЧА, тыс/г
		всего	актиномицеты		
1	2	3	4	5	6
Контроль	5,5	7,9	3,6	4,8	36
БакСиб	8*	6,9	1,2*	5,2	12*

1	2	3	4	5	6
БакСиб+ химические средства защиты растений	1,8**	4,8	2,9	4,4	29
Химические средства защиты растений	1,4**	2*	0,7**	6,1	7**

Таблица 5

**Микрофлора почвы при обработке препаратом БакСиб и химическими средствами защиты растений в фазу колошения, млн КОЕ на 1 г почвы**  
**Soil microflora when treated with BakSib and chemical plant protection products in the heading phase, million CFU per 1 g of soil**

Вариант	МПА	КАА		ГА	ЧА, тыс/г
		всего	актиномицеты		
Контроль	2,6	2,5	0,9	5,4	10,6
БакСиб	4,6*	5,4***	1,4	3,6**	4,6*
БакСиб+химические средства защиты растений	4,7*	5,5***	1,4	4*	6,6*
Химические средства защиты растений	8*	3,4	1,5*	5,9	3,9**

Таблица 6

**Микрофлора почвы при обработке препаратом БакСиб и химическими средствами защиты растений в фазе полной спелости, млн КОЕ на 1 г почвы**  
**Soil microflora when treated with BakSib and chemical plant protection products in the phase of full ripeness, million CFU per 1 g of soil**

Вариант	МПА	КАА		ГА	ЧА, тыс/г
		всего	актиномицеты		
Контроль	4,2	2,4	0,3	43	31
БакСиб	6,5*	4,3	0,7	38,5	24,5
БакСиб+химические средства защиты растений	3,1	3,8	0,8	32	26
Химические средства защиты растений	4,3	8,3*	1*	51,3	20,3*

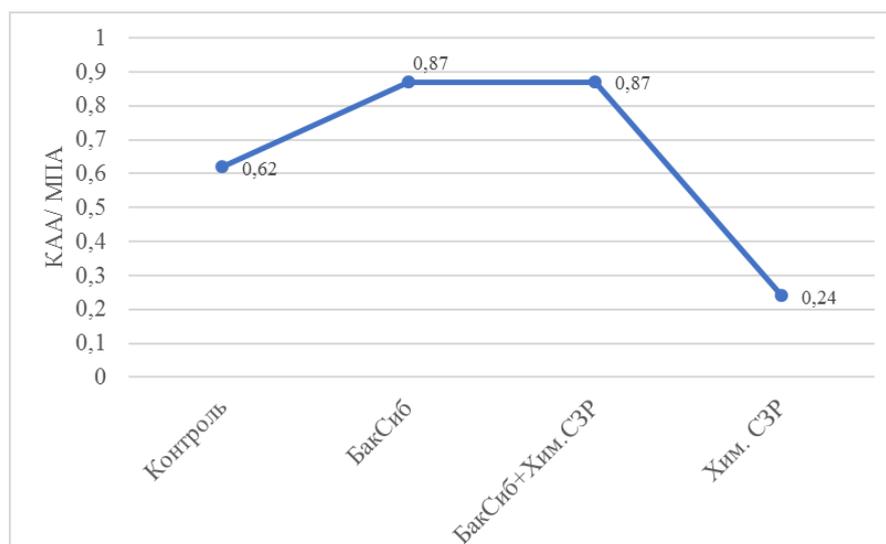


Рис. 2. Тренд изменения минерализационной активности чернозема выщелоченного в фазу колошения озимого ячменя при применении биопрепарата БакСиб

Fig. 2. The trend of changes in the mineralization activity of chernozem leached in the heading phase of winter barley with the use of the biological product BakSib

*Морфометрические показатели растений.* Во всех вариантах опыта наблюдалась достоверная положительная разница по длине надземной части в сравнении с контролем от 13,3% (БакСиб) до 17,4 (химические средства защиты растений) в фазе кущения и от 7,9% (БакСиб) до 12,7% (БакСиб+химические средства защиты растений) в фазе колошения. В варианте с химическими средствами защиты растений также отмечалась достоверная прибавка по длине корня (рис. 3, 4).

Препарат БакСиб на минеральном фоне оказывал положительное влияние на развитие

растений, однако при совместном применении химических средств защиты растений и микроэлементов дополнительного стимулирующего эффекта на длину корневой системы и стебля не оказал.

В фазе колошения прослеживалась достоверная разница по площади листовой поверхности в вариантах только с химическими средствами и вместе с БакСибом, прибавка составила 28 и 14,9% соответственно по сравнению с контролем (рис. 5). Вероятно, на развитие листа повлияли применяемые в этих вариантах микроэлементы.

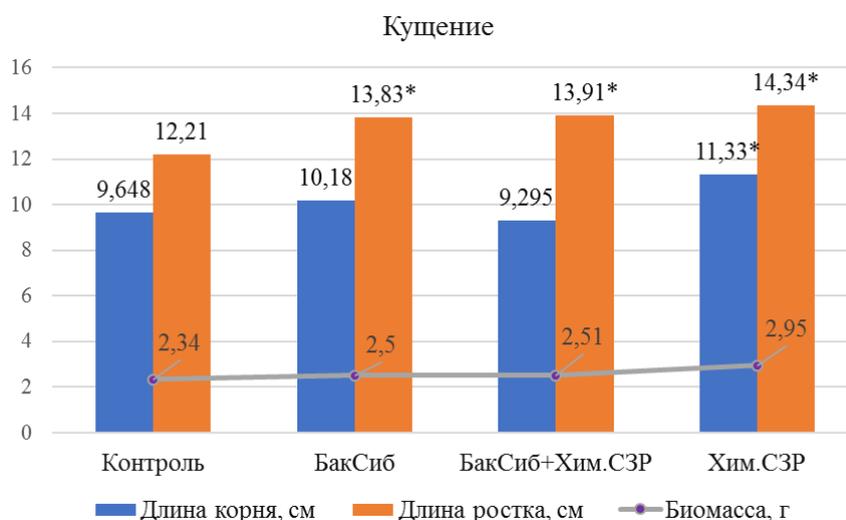


Рис. 3. Морфометрические показатели растений ячменя в фазе кущения при обработке препаратом БакСиб и химическими средствами защиты растений

Fig. 3. Morphometric parameters of barley plants in the tillering phase when treated with BakSib and chemical plant protection products

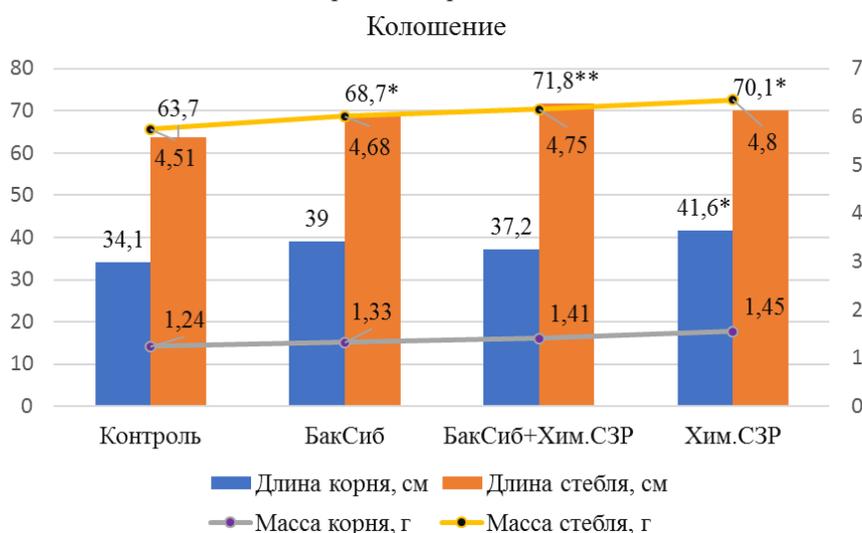


Рис. 4. Морфометрические показатели растений ячменя в фазе колошения при обработке препаратом БакСиб и химическими средствами защиты растений

Fig. 4. Morphometric parameters of barley plants in the earing phase when treated with BakSib and chemical plant protection products

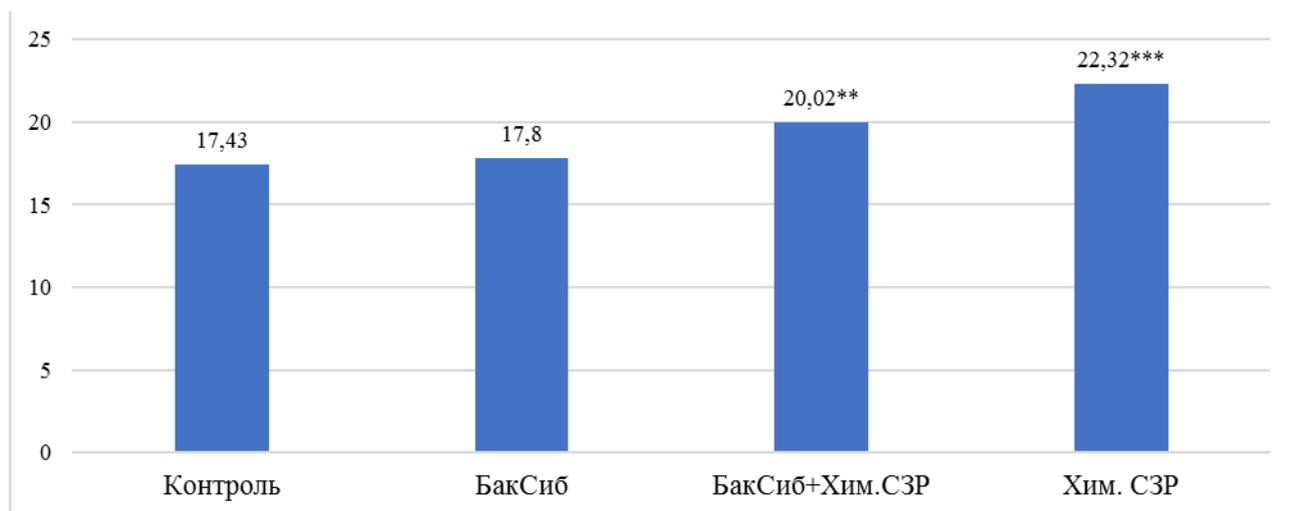


Рис. 5. Площадь листовой поверхности ячменя в фазе колошения при обработке препаратом БакСиб и химическими средствами защиты растений

Fig. 5. The area of the leaf surface of barley in the heading phase when treated with BakSib and chemical plant protection products

*Анализ урожая.* Применение микробного препарата БакСиб достоверно увеличило количество зерен в колосе ячменя (табл. 7), что сказалось на урожайности: фактическая (бункерная) урожайность в варианте с БакСибом

составила 50,39 ц/га, что на 9% больше, чем в контроле, а в варианте БакСиб+химические средства защиты растений – 50,64 ц/га, что на 2,8% больше, чем в варианте без бактерицида (табл. 8).

Таблица 7

Элементы структуры урожая ячменя при обработке препаратом БакСиб и химическими средствами защиты растений (среднее ± SD)

Elements of the structure of barley yield after treatment with BakSib and chemical plant protection products (mean ± SD)

Вариант	Длина стебля, см	Толщина стебля, мм	Кол-во зерен в колосе, шт.	Длина колоса, см	Масса 1000 зерен, г	Густота стояния, растений на 1 м <sup>2</sup>
Контроль	70,96±8,4	0,366±0,050	25,0±3,9	6,51±0,78	44,40±0,23	425,8±34,0
БакСиб	77,68±5,8***	0,378±0,060	27,4±3,7*	6,19±0,84	43,94±0,09	432,1±36,0
БакСиб+химические средства защиты растений	77,67±6,3***	0,388±0,050	28,2±3,6*	6,24±1,02	43,73±0,38	440,2±40,0
Химические средства защиты растений	80,69±6***	0,391±0,060*	26,5±2,9	6,36±0,96	43,99±0,25	454,6±43,0

Таблица 8

Урожайность ячменя при обработке препаратом БакСиб и химическими средствами защиты растений (среднее ± SD), ц/га

Barley yield after treatment with BakSib and chemical plant protection products (average ± SD), centner/ha

Вариант	Биологическая урожайность	Бункерная урожайность
Контроль	51,82±3,10	46,19
БакСиб	52,08±3,30	50,39
БакСиб+химические средства защиты растений	54,29±5,60	50,64
Химические средства защиты растений	52,94±2,50	49,26

## ВЫВОДЫ

1. Протравители семян Клотианидин Про и Сфинкс снижают титр исследуемых микроорганизмов на 1–2 порядка, в соответствии с этим подобрана оптимальная концентрация для применения в составе баковых смесей при использовании препарата БакСиб. Препарат БакСиб на минеральном фоне оказывает положительное влияние на развитие растений ячменя, однако при совместном применении химических средств защиты растений и микроэлементов дополнительного стимулирующего эффекта на длину корневой системы и стебля не выявлено. Обработка микробным препаратом БакСиб увеличивает число зерен в колосе ячменя и его урожайность на 9% в

сравнении с контролем и на 2,8% – с технологией химической защиты растений.

2. Применение БакСиба положительно сказалось на состоянии чернозема южного. Препарат способствовал пролонгированному увеличению в почве копитрофных бактерий и пополнению ее азотного фонда в важный для формирования зерновой продуктивности период колошения за счет повышенной минерализации органических остатков в почве.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Федеральной научно-технической программы развития генетических технологий на 2019–2027 г. (Соглашение № 075-15-2021-1401 от 3 ноября 2021 г.).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Производство* ячменя в мире. Страны – производители ячменя [Электронный ресурс] // ab-centre.ru: аналитический центр агробизнеса. – 2016, янв. – Режим доступа: <https://ab-centre.ru/page/strany-proizvoditeli-yachmenya> (дата обращения: 10.05.2022).
2. *Блиев С.Г., Жеруков Б.Х.* Новое в товароведении зерна и продуктов его переработки: учебник. – Нальчик: Полиграфсервис и Т, 2002. – 368 с.
3. *Симонов В.Ю.* Экологические последствия фунгицидов на микробную популяцию и биохимическую активность почвы // Вестник ФГОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия». – 2011. – № 1. – С. 16–21.
4. *Коробова Л.Н., Шинделов А.В.* Микробный отклик выщелоченного чернозема на превышение нормы гербицидной нагрузки // Вестник Алтайского государственного университета. – 2012. – № 8 (94). – С. 51–54.
5. *Ohkama-Ohtsu N., Wasaki J.* Recent progress in plant nutrition research: cross-talk between nutrients, plant physiology and soil microorganisms // *Plant Cell Physiol.* – 2010. – Vol. 51. – P. 1255–1264.
6. *Ассоциативный симбиоз* / О.В. Бухарин, Е.С. Лобакова, Н.В. Немцева, С.В. Черкасов. – Екатеринбург: УрО РАН, 2006. – 264 с.
7. *Максимов И.В., Абизгильдина Р.Р., Пусенкова Л.И.* Стимулирующие рост растений микроорганизмы как альтернатива химическим средствам защиты от патогенов // Прикладная биохимия и микробиология. – 2011. – Т. 47. – С. 373–385.
8. *Van Loon L.C.* Plant responses to plant growth promoting rhizobacteria // *Eur. J. Plant Pathol.* – 2007. – Vol. 119. – P. 243–254.
9. *Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И.* Практикум по микробиологии. – М.: Дрофа, 2005. – 256 с.
10. *Изменение почвенно-биологических процессов и структуры микробного сообщества агро-черноземов при разных способах обработки почвы* / О.В. Кутовая, А.М. Гребенников, А.К. Тхакахова [и др.] // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2018. – Вып. 92. – С. 35–61. – DOI: 10.19047/0136-1694-2018-92-35-61.
11. *Совместное использование микроорганизмов с фосфат-растворяющими и фунгицидными свойствами для повышения урожайности и защиты зерновых культур от фузариозов* / С.К. Жиглецова, А.А. Старшов, М.В. Клыкова [и др.] // *Агрохимия.* – 2015. – № 7. – С. 49–57. – EDN TZFJAL.
12. *Жевнова Н.А., Войтка Д.В., Федорович М.В.* Совместное применение химических и биологических препаратов для защиты растений и снижения пестицидного пресса на агроценозы // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем: материалы

- Международной научно-практической конференции, Краснодар, 11–13 сентября 2018 г. – Краснодар: ИП Дедкова С.А. (типография «Гранат»), 2018. – С. 392–395. – EDN XZEOMP.
13. Блинкова Л.П., Пахомов Ю.Д., Стоянова Л.Г. Свойства некультивируемых и покоящихся форм микроорганизмов // Иммунопатология, аллергология, инфектология. – 2010. – № 3. – С. 67–76. – EDN RWTUAV.
  14. Микробиологическая деградация поли-3-гидроксибутирата в образцах агрогеннопреобразованных почв / О.Н. Виноградова, С.В. Прудникова, Н.В. Зобова, В.Л. Колесникова // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. – 2015. – Т. 8, № 2. – С. 199–209. – DOI: 10.17516/1997-1389-2015-8-2-199-209. – EDN UGXPZF.
  15. Рахимова Н.Н., Алферова Н.Н., Некрасова Т.А. Фитомелиорация – метод восстановления почв загрязненных радионуклидами // Вести МАНЭБ Омской области. – 2014. – № 2(5). – С. 24–28. – EDN RFANNC.
  16. Перспективы применения бактерий – продуцентов липопептидов для защиты растений (обзор) / И. В. Максимов, Б. П. Сингх, Е. А. Черепанова [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 2020. – Т. 56, № 1. – С. 19–34. – DOI: 10.31857/S0555109920010134. – EDN AQQMZV.
  17. Коробова Л.Н., Гаврилец Т.В. Влияние биологического фунгицида Бактофит на возбудителей корневой гнили и микробоценоз яровой пшеницы // Вестник защиты растений. – 2006. – № 2. – С. 64–66.

## REFERENCES

1. *Proizvodstvo yachmenya v mire. Strany proizvoditeli yachmenya* (Barley production in the world. Pages – barley growers), 2016: <https://ab-centre.ru/page/strany-proizvoditeli-yachmenya> (data obrashcheniya: 10.05.2022).
2. Bliev S.G., Zherukov B.Kh., *Novoe v tovarovedenii zerna i produktov ego pererabotki* (New in commodity science of grain and products of its processing), Nal'chik: Poligrafservis i T, 2002, 368 p.
3. Simonov V.Yu., *Vestnik FGOU VPO «Bryanskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya»*, 2011, No. 1, pp. 16–21. (In Russ.)
4. Korobova L.N., Shindelov A.V., *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2012, No. 8 (94), pp. 51–54. (In Russ.)
5. Ohkama-Ohtsu N., Wasaki J., Recent progress in plant nutrition research: cross-talk between nutrients, plant physiology and soil microorganisms, *Plant Cell Physiol.*, 2010, Vol. 51, pp. 1255–1264.
6. Bukharin O.V., Lobakova E.S., Nemtseva N.V., Cherkasov S.V., *Assotsiativnyy simbioz* (Associative symbiosis), Ekaterinburg: UrO RAN, 2006, 264 p.
7. Maksimov I.V., Abizgil'dina R.R., Pusenkova L.I., *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*, 2011, T. 47, pp. 373–385. (In Russ.)
8. Van Loon L.C., Plant responses to plant growth promoting rhizobacteria, *Eur. J. Plant Pathol.*, 2007, Vol. 119, pp. 243–254.
9. Tepper E.Z., Shil'nikova V.K., Pereverzeva G.I., *Praktikum po mikrobiologii* (Workshop on Microbiology), Moscow: Drofa, 2005, 256 p.
10. Kutovaya O.V., Grebennikov A.M., Tkhakakhova A.K., Isaev V.A., Garmashov V.M., Bepalov V.A., Cheverdin Yu.I., Belobrov V.P., *Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva*, 2018, Vyp. 92, pp. 35–61, DOI: 10.19047/0136-1694-2018-92-35-61. (In Russ.)
11. Zhigletsova S.K., Starshov A.A., Klykova M.V. [i dr.], *Agrokimiya*, 2015, No. 7, pp. 49–57, EDN TZFJAL. (In Russ.)
12. Zhevnova N.A., Voytka D.V., Fedorovich M.V., *Biologicheskaya zashchita rasteniy – osnova stabilizatsii agroekosistem* (Biological protection of plants - the basis for the stabilization of agroecosystems), Proceedings of the Conference, Krasnodar, 11–13 sentyabrya 2018 g., Krasnodar: IP Dedkova S.A. (tipografiya «Granat»), 2018, pp. 392–395, EDN XZEOMP. (In Russ.)
13. Blinkova L.P., Pakhomov Yu.D., Stoyanova L.G., *Immunopatologiya, allergologiya, infektoologiya*, 2010, No. 3, S. 67–76, EDN RWTUAV. (In Russ.)

- 
- 
14. Vinogradova O.N., Prudnikova S.V., Zobova N.V., Kolesnikova V.L., *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Biologiya*, 2015, T. 8, No. 2, pp. 199–209, DOI 10.17516/1997-1389-2015-8-2-199-209, EDN UGXPZF. (In Russ.)
  15. Rakhimova N.N., Rakhimova N.N., Alferova N.N., Nekrasova T.A., *Vesti MANEB Omskoy oblasti*, 2014, No. 2(5), pp. 24–28, EDN RFANNC. (In Russ.)
  16. Maksimov I.V., Singkh B.P., Cherepanova E.A. [i dr.], *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*, 2020, T. 56, No. 1, pp. 19–34, DOI 10.31857/S0555109920010134, EDN AQQMZV. (In Russ.)
  17. Korobova L.N., Gavrilcz T.V., *Vestnik zashhity` rastenij*, 2006, No. 2, pp. 64–66. (In Russ.)