

УДК 633.16:631.811(470.56)

DOI: 10.33284/2658-3135-102-2-151

### Эффективность предпосевной обработки семян ярового ячменя регуляторами роста в условиях дефицита влаги

*Н.И. Воскобулова<sup>1</sup>, А.А. Неверов<sup>1</sup>, В.Н. Яичкин<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург)

<sup>2</sup> Оренбургский государственный аграрный университет (г. Оренбург)

**Аннотация.** Использование регуляторов роста растений, обладающих антистрессовой активностью, позволяет повысить устойчивость сельскохозяйственных культур к неблагоприятным факторам внешней среды.

Цель исследований состояла в изучении влияния предпосевной обработки семян ярового ячменя регуляторами роста на его продуктивность в засушливых условиях степной зоны Оренбургской области. Полевые исследования проводились по методике Б.А. Доспехова. Семена ячменя сорта Натали за сутки до посева обрабатывали регуляторами роста: Фитоспорин-М, Ж экстра; Мивал-Агро, Гумми-20 М калийный, Экстрасол, Фитоспорин-М, Ж фунги-бактерицид; Борогум-М комплексный, Борогум-М молибденовый. В течение вегетации по фазам развития растений проводились наблюдения за динамикой продуктивной влаги в почве, накоплением надземной массы, формированием урожая зерна. Проведён структурный анализ урожая зерна.

В вариантах обработки семян регуляторами роста увеличивалось содержание сухого вещества в надземной массе, количество растений на единице площади, число продуктивных стеблей. В вариантах с обработкой Гумми-20 М калийный и Фитоспорин-М, Ж фунги-бактерицид увеличивалось по сравнению с контролем число зёрен в колосе на 2,7 и 0,9 шт. и масса зерна с колоса – на 0,06 и 0,03 г соответственно.

В условиях дефицита почвенной влаги и высоких среднесуточных температур урожайность зерна была невысокой – 6,6-8,7 ц с 1 га. Разница между вариантами обработки семян была недостоверной. Ощутимую прибавку урожайности по отношению к контролю показал вариант с обработкой Борогумом-М молибденовым +1,0 ц с 1 га.

**Ключевые слова:** кормопроизводство, ячмень яровой, сорт Натали, регуляторы роста, Фитоспорин-М, Ж экстра; Фитоспорин-М, Ж фунги-бактерицид; Экстрасол, Мивал-Агро, Гумми-20 М калийный, Борогум-М комплексный, Борогум-М молибденовый, сухое вещество, продуктивные стебли, урожайность зерна.

UDC 633.16:631.811

### The effectiveness of pre-sowing treatment of seeds of spring barley with growth regulators in conditions of moisture deficiency

*NI Voskobulova<sup>1</sup>, AA Neverov<sup>1</sup>, VN Yaichkin<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Federal Research Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia)

<sup>2</sup> Orenburg State Agrarian University (Orenburg, Russia)

**Summary.** The use of plant growth regulators with anti-stress activity, allows to increase the resistance of agricultural crops to adverse environmental factors.

The objective of the research was to study the effect of pre-sowing treatment of seeds of spring barley by growth regulators on its productivity in the arid conditions of the steppe zone of Orenburg region. Field studies were carried out according to the method of B.A. Dospekhov. A day before sowing, seeds of barley (Natalie variety) were treated with growth regulator Fitosporin-M, Zh extra; Mival-Agro, Gummi-20 M potash, Extrasol, Fitosporin-M, Zh fungi-bactericide; Borogum-M complex, Borogum-M molybdenum. During the growing season according to plant development phases, the dynamics of the productive moisture in the

soil, the accumulation of the above-ground mass, and the formation of grain yield were monitored. Structural analysis of grain yield was done.

In variants of seed treatment with growth regulators, the dry matter content in the aerial mass, number of plants per unit area and number of productive stems increased. In the variants of treatment with Gumi-20 M potassium and Fitosporin-M, fungi-bactericide, the number of grains per ear increased by 2.7 and 0.9 pcs. and the mass of grain by 0.06 and 0.03 g, compared with the control, respectively.

Under conditions of soil moisture deficiency and high average daily temperatures, grain yield was low – 6.6–8.7 centners per hectare. The difference between seed treatment options was insignificant. The variant with the Borogum-M molybdenum treatment showed a noticeable increase +1.0 centners per hectare in yield with respect to the control.

**Key words:** fodder production, spring barley, Natalie variety, growth regulators, Fitosporin-M, Zh extra; Fitosporin-M, F fungi-bactericide; Extrasol, Mival-Agro, Gummi-20 M potash, Borogum-M complex, Borogum-M molybdenum, dry matter, productive stems, grain yield.

### **Введение.**

Во всём мире абиотические стрессы оказывают отрицательное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур и приводят к значительным потерям урожая. Согласно отчёту МГЭИК (2014), снижение продуктивности растений и качества продуктов питания, в первую очередь из-за экстремальных температур и дефицита воды, представляют серьёзную угрозу для сельского хозяйства (PCC, 2014; Zandalinas SI et al., 2018). Поэтому в условиях изменяющегося климата снижение сельскохозяйственных потерь, вызванных этими стрессами, является серьёзной проблемой для обеспечения продовольственной безопасности (Anjum SA, 2011).

Среди приёмов, повышающих устойчивость растений к стрессам, всё больший интерес вызывает применение регуляторов роста (Прохорова Л.Н. и др., 2015; Лобойко Л.И. и др., 2003; Ahmad I et al., 2014; Kumar B et al., 2014; Batool A et al., 2016).

На фоне снижения объёмов применения минеральных удобрений и синтетических средств защиты использование биологических препаратов и препаратов, созданных на их основе с добавлением микроэлементов, позволяет получить экологически чистую продукцию и снизить загрязнение окружающей среды.

По данным New AgInternational (2015), биологическая обработка семян имеет возможность охватить до 20 % мирового рынка обработки семян именно из-за требований экологической безопасности.

Идеальными кандидатами для разработки стабильных и эффективных биопрепаратов оказались *Bacillus subtilis*, так как они способны производить термостойкие эндоспоры, которые лучше переносят стрессы при промышленной обработке семян, чем неспорообразующие виды (Erington J, 2003; Yanez-Mendizabal V et al., 2012). На основе различных штаммов этих бактерий созданы препараты, которые находят широкое применение в сельском хозяйстве (Фитоспорин-М, Гамаир, Бактофит и др.).

### **Цель исследований.**

Изучение влияния предпосевной обработки семян регуляторами роста, в том числе биопрепаратами на основе штаммов *Bacillus subtilis* и препаратами на их основе с добавлением микроэлементов, на продуктивность ярового ячменя в засушливых условиях степной зоны Оренбургской области.

### **Материалы и методы исследования.**

**Объект исследования.** Яровой ячмень сорт Натали, Фитоспорин-М, Ж экстра; Фитоспорин-М, Ж фунги-бактерицид; препарат Экстрасол, Мивал-Агро, Гумми-20 М калийный, Борогум-М комплексный, Борогум-М молибденовый.

**Характеристика территорий, природно-климатические условия.** Испытание препаратов проводили на опытном участке, расположенном в центральной зоне Оренбургской области.

Почва – чернозём южный карбонатный среднесуглинистый, среднемощный. Содержание нитратного азота в пахотном слое почвы на начало эксперимента было низким и составляло 10,7...11,8 мг в 1 кг почвы, подвижного фосфора – средним (21...25 мг в 1 кг почвы), обменного калия – средним и высоким (269...311,5 мг в 1 кг почвы).

Климат – резко континентальный с морозными зимами и засухами в весенне-летний период.

**Схема эксперимента.** Испытание препаратов проводили на опытном участке ФНЦ БСТ РАН в 2018 году.

Ячмень яровой размещён четвёртой культурой в четырёхпольном севообороте: пар-озимая пшеница-яровая мягкая пшеница-яровой ячмень.

Посев ячменя был проведён 7 мая. Среднесуточная температура воздуха в начальный период вегетации ячменя (+16,9 ...+17,4 °С) и количество выпавших осадков (28,3 мм) были близки к среднеголетним значениям. Пониженная температура воздуха в первой и второй декадах июня (+15,0 и +17,4 °С соответственно) и осадки, выпавшие в этот период, (13,4 мм) создали относительно благоприятные условия для роста и развития растений ячменя.

В период колошения и формирования зерна ячменя среднесуточная температура воздуха составляла от +23,8 до +27,5 °С, при дневных значениях от +30 до +40 °С. За это время выпало всего лишь 21 мм осадков при среднеголетних значениях – 62 мм.

Экстремально высокая температура воздуха при недостаточном атмосферном увлажнении сопровождалась высоким среднесуточным дефицитом влажности воздуха – от 16 до 22 мб. Негативное влияние на формирование урожая ячменя, наряду с неблагоприятными погодными условиями этого периода, оказал дефицит продуктивной почвенной влаги из-за малоснежной зимы и глубокого промерзания почвы.

Яровой ячмень сорт Натали – среднеспелый, вегетационный период – 70-84 дня. Засухоустойчивость – на уровне сорта Донецкий 8. Ценный по качеству. Содержание белка – 12,0-17,7 %. Умеренно устойчив к пыльной и твердой головне; восприимчив к гельминтоспориозу и корневым гнилям.

Фитоспорин-М, Ж экстра представляет собой титр живых спор и клеток не менее 1 млрд на 1 мл, штамм – 26Д, 1К. Обогащён БМВ-гуминовыми веществами, микроэлементами (бор, молибден, кобальт, медь, цинк, марганец, никель, литий, сера, селен, хром). Подавляет развитие многих грибных и бактериальных болезней, повышает иммунитет у растений и осуществляет антистрессовую защиту при недостатке влаги в почве.

Фитоспорин-М, Ж фунги-бактерицид – титр живых спор и клеток не менее 1 млрд на 1 мл, штамм – 26Д, 1К, 11К, 12В, продукты жизнедеятельности фитобактерий. Обладает усиленными фунгицидными свойствами для борьбы с бактериальными и грибковыми заболеваниями всех сельскохозяйственных культур.

Основу препарата Экстрасол составляет штамм Ч-13, выделенный из чернозёмной почвы. Оказывает длительное стимулирующее действие на растения, что приводит к повышению продуктивности и улучшению качества продукции. Кроме того, возрастает эффективность усвоения растениями минеральных удобрений и микроэлементов, которая напрямую связана с активностью микроорганизмов.

Мивал-Агро относится к классу кремнийорганических соединений. Кремний как регулятор дыхания усиливает синтез ДНК, РНК и белка, что ускоряет рост и развитие растений.

Гумми-20 М калийный представляет собой калийные соли гуминовых кислот, обогащённые микроэлементами (бор, молибден, кобальт, медь, цинк, марганец, никель, литий, сера, селен, хром). Стимулирует выработку самим растением естественных регуляторов роста (фитогормонов) и активизирует их функциональную деятельность.

Борогум-М комплексный включает в себя бор, БМВ-гуматы калия, Фитоспорин-М, микроэлементный комплекс (железо, молибден, кобальт, медь, цинк, марганец, никель, литий, сера, селен, хром). Обладает эффектом стимуляции роста и деления клеток.

В составе Борогума-М молибденового – молибден, бор, БМВ-гуматы калия, Фитоспорин-М, микроэлементный комплекс (кобальт, медь, цинк, марганец, никель, литий, сера, селен, хром).

Обладает антистрессовым эффектом: повышение устойчивости растений к климатическим, техногенным и прочим стрессам.

Однофакторный полевой опыт закладывался по схеме:

Номер варианта/ Variant number	Наименование препарата/Drug name	Норма расхода препарата и воды на 1 т семян/Consumption rate of drug and water per 1 ton of seeds
1	Контроль	10 л воды
2	Фитоспорин-М, Ж экстра	1,5 л в 20 л воды
3	Мивал-Агро, к.р.п.	10 г в 10 л воды
4	Гуми-20 М калийный	0,4 л в 10 л воды
5	Экстрасол	1,0 л в 10 л воды
6	Фитоспорин - М, Ж фунги-бактерицид	1,0 л в 20 л воды
7	Борогум-М комплексный	0,2 л в 10 л воды
8	Борогум-М, Мо	0,3 л в 10 л воды

Размещение вариантов в опыте – систематическое, повторность – четырёхкратная. Учётная площадь делянок при определении динамики прироста надземной массы – 1 м<sup>2</sup>, урожайности зерна – 100 м<sup>2</sup>. Способ посева – рядовой с междурядьем 15 см, нормой высева – 4,5 млн всхожих семян на 1 га. Динамика прироста надземной массы определялась в фазы кушения, колошения и полной спелости зерна.

**Оборудование и технические средства.** Полевые работы выполнялись с помощью сельскохозяйственной российской техники: трактор Т-2, плуг ПН-4-35, культиватор КПС-4, сеялка СН-16, кольчатые катки и бороны зубовые и тракторов МТЗ-1221 (Беларусь), уборку урожая зерна проводили зерноуборочным комбайном TERRION-SAMPO SR-2010 (ЗАО «Агротехмаш», Россия).

Лабораторные исследования проводились в лаборатории отдела технологий кормовых культур, использовались шкаф сушильный CHIRANHS-62/1 (Чехословакия), мельница растительных проб МРП-2 (Россия), весы ВЛКТ-500-М (Россия), влагомер зерновой «Фаина-М» (Россия).

**Статистическая обработка.** Полученные экспериментальные данные обрабатывались методом дисперсионного анализа с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 6.0» («Stat Soft Inc.», США).

#### Результаты исследований.

В результате малоснежной зимы и промерзания почвы запасы продуктивной влаги в полутораметровом слое в начале вегетации составляли 122 мм или 45 % от НВ, что ниже оптимального увлажнения (75-80 % НВ) для посевов ячменя (табл. 1).

Таблица 1. Условия почвенного увлажнения посевов ячменя по фазам развития растений  
Table 1. Conditions of soil moisture of barley crops by plant development phases

Слой почвы, см/Soil layer, sm	Запасы продуктивной влаги в почве, мм/ Reserves of productive moisture in the soil, mm		
	всходы – 16 мая/ rising – 16 May	колошение – 25 июня/ earing – 25 June	полная спелость – 1 августа/ full ripeness – 1 August
0-50	66,0	-1,0	-2,0
0-100	90,3	10,0	6,0
0-150	122,4	30,0	30,0

К критическому периоду развития растений – колошению запасы влаги в метровом слое почвы снизились до 10 мм, в полутораметровом – до 30 мм и составили всего лишь 10 % от наименьшей влагоёмкости почвы.

Влагообеспеченность посевов ячменя в различные периоды жизни растений сильно различалась. В первой половине вегетации от всходов до колошения обеспеченность посевов водой была относительно неплохой – 60,4 % от потребности растений ячменя (табл. 2).

Таблица 2. **Обеспеченность посевов ячменя водой в разные периоды развития растений**  
Table 2. **Water availability of barley crops at different periods of plant development**

Параметры/Parametres	Периоды развития растений/ Periods of plant development		
	всходы-колошение 16.05-25.06/ rising-earring 16.05-25.06	колошение-полная спелость 25.06-01.08/ earring-full ripeness 25.06-01.08	всходы-полная спелость 16.05-01.08/ rising-full ripeness 16.05-01.08
Продолжительность периода, сут/Period duration, day	40	36	76
Запасы продуктивной влаги в начале периода в слое почвы 150 см, мм/Reserves of productive moisture in a soil layer of 150 cm at the beginning of the period, mm	122	30	122
Осадки за период, мм/Precipitation for the period, mm	22	16	38
Запасы продуктивной влаги в почве в конце периода, мм/Reserves of productive moisture in a soil at the end of period, mm	30	30	30
Расход воды за период, мм/Water consumption for the period, mm	114	16	130
Расход воды за сутки, мм/Water consumption per day, mm	2,9	0,4	1,7
Сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха за период, мб/Sum of average daily air humidity deficits for the period, mb	385	654	1039
Потребность посевов в воде по А.М. Алпатьеву, мм/Need of crops in water according to A.M. Alpat'evu, mm	188,7	320,5	509,2
Влагообеспеченность посевов по А.М. Алпатьеву, %/ Water availability of crops according to A.M. Alpat'evu, %	60,4	5,0	25,5

В период от выколашивания до созревания зерна влагообеспеченность посевов снизилась до 5 % и создала неблагоприятные условия для формирования зерна.

В силу сложившихся в первую половину вегетации условий увлажнения предпосевная обработка семян препаратами способствовала увеличению надземной массы растений уборочной влажности в фазу кущения на 20...50 г с 1 м<sup>2</sup>, в фазу колошения – на 20...230 г с 1 м<sup>2</sup> (табл. 3). В фазу полной спелости зерна превышение вариантов обработки препаратами над контролем по надземной массе растений составило 5...80 г на 1 м<sup>2</sup>.

Масса растений ячменя с 1 м<sup>2</sup> в пересчёте на абсолютно сухое вещество в вариантах обработки препаратами превышала контрольный вариант в фазу кущения на 2,0...9,3 г, в фазу колошения – на 26,7...100,1 г, в фазу полной спелости зерна – на 1,5...80,7 г.

Таблица 3. Влияние регуляторов роста на динамику прироста надземной массы ячменя по фазам развития растений /  
Table 3. The effect of growth regulators on the growth dynamics of barley above ground mass by phases of plant development

Варианты опыта/Variants of experiment	Надземная масса растений по фазам развития, г с 1 м <sup>2</sup> / Above ground mass of plant by phases development					
	уборочной влажности / harvest moisture			в абсолютно сухом веществе / in absolutely dry matter		
	кущение/ tillering	колошение/ earring	полная спелость зерна/ full ripeness of seed	кущение/ tillering	колошение/ earring	полная спелость зерна/ full ripeness of seed
Контроль/Control	220	430	215	41,7	194,7	193,2
Фитоспорин-М, Ж экстра/ Fitosporin-M, Zh extra	240	475	240	46,0	193,2	221,1
Мивал-Агро, к.р.п./ Mival-Agro, k.r.p.	250	380	220	46,2	157,1	203,5
Гуми-20 М калийный/ Gummi-20 M potash	270	605	210	51,0	259,4	194,7
Экстрасол/Extrasol	250	515	230	46,3	231,7	213,3
Фитоспорин-М, Ж ф/б/ Fitosporin-M, Zh f/b	250	660	280	46,1	294,8	258,6
Борогум-М комплексный/ Borogum-M complex	220	530	250	41,5	221,4	230,9
Борогум-М молибденовый/ Borogum-M molybdenum	240	450	295	43,7	190,4	273,9

В начале вегетации (фаза кущения) абсолютно сухое вещество интенсивнее накапливалось в вариантах опыта с обработкой препаратами Мивал-Агро, Гуми-20 М калийный, Фитоспорин-М, Ж экстра, Фитоспорин-М, Ж фунги-бактерицид и Экстрасол – от 46 до 51 г на 1 м<sup>2</sup> против 41,7 г на 1 м<sup>2</sup> в контрольном варианте. В фазу полной спелости зерна наибольший выход абсолютно сухого вещества получен в варианте с обработкой Борогумом-М молибденовый – 273,9 г и Фитоспорином-М, Ж фунги-бактерицид – 258,6 г на 1 м<sup>2</sup>.

Содержание абсолютно сухого вещества в надземной части растений ячменя варьировало в фазу кущения от 18,2 до 19,2 %, в фазу колошения – от 40,7 до 45,3 %, в фазу полной спелости зерна – от 89 до 92,9 % (табл. 4).

В фазу кущения и колошения наблюдалась тенденция более высокой концентрации сухого вещества в контрольном варианте: соответственно 19 и 45,3 %. В период полного созревания зерна содержание сухого вещества в надземной биомассе растений опытных вариантов превысило контрольный вариант на 3,0-3,9 %.

Самое высокое содержание сухого вещества в период полной спелости зерна (92,9 %) наблюдалось в варианте с обработкой Борогумом-М молибденовым.

Анализ структуры урожайности позволяет установить закономерности её формирования в зависимости от изучаемых факторов.

Наибольшее количество растений к уборке наблюдалось в вариантах с предпосевной обработкой Экстрасолом, Фитоспорином-М, Ж фунги-бактерицид, Мивалом-Агро, Борогумом-М молибденовым – соответственно 398, 396, 394, 382 шт. на 1 м<sup>2</sup> (табл. 5).



Наибольшее количество стеблей сформировалось в варианте с обработкой семян препаратом Борогум-М молибденовый – 549 шт. против 451 шт. – в контрольном варианте. Однако количество стеблей с колосьями (то есть продуктивных) во всех вариантах опыта было значительно меньше общего количества стеблей и варьировало от 239 до 448 шт. с 1 м<sup>2</sup>.

Наилучший результат показал вариант с обработкой Борогумом-М молибденовый – 448 продуктивных стеблей против 245 стеблей на контроле. Наибольший коэффициент продуктивной кустистости также был на этом варианте – 1,17. Все варианты опыта, за исключением обработки препаратами Фитоспорин-М, Ж экстра и Мивал-Агро, имели превосходство по этому показателю над контролем.

Озернённость колоса была наибольшей в вариантах с обработкой препаратами Гуми-20 М калийный и Фитоспорин-М, Ж фунги-бактерицид – соответственно 12,8 и 11 шт. на колос.

В условиях дефицита почвенной влаги и высоких среднесуточных температур урожайность зерна была невысокой – 6,6...8,7 ц с 1 га. Разница между вариантами была недостоверной.

Ощутимая прибавка урожая зерна – 1 ц с га относительно контроля получена в варианте с обработкой Борогумом-М молибденовый. Анализ структуры урожайности показал, что решающую роль в формировании урожайности сыграло количество продуктивных стеблей, по которым этот вариант превосходил контроль и другие варианты обработки семян.

#### **Обсуждение полученных результатов.**

Регуляторы роста ускоряют прорастание семян, повышают высоту растений, массу надземной части и корней, продуктивную кустистость, количество и массу зерна с одного колоса, устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды, способствуют формированию более крупных зерновок (Кирсанова Е.В. и Дарюга К.В., 2007; Шаповал О.А. и др., 2008).

Эффективность новых комплексных препаратов для предпосевной обработки семян, созданных на основе гуминовых кислот, различных штаммов ризосферных бактерий и обогащённых микроэлементами, была изучена в условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения в сочетании с высокой экстремальной температурой воздуха на яровой и озимой пшеницах, сорго, нуте (Кадыров С.В., 2009; Скороходов В.Ю. и др., 2010; Verbara RLL and García AC, 2014; Щукин В.Б. и др., 2012а; Щукин В.Б. и др., 2012б; Сорока Т.А. и др., 2012а; Сорока Т.А., 2012б; Воскобулова Н.И. и Новикова А.А., 2013).

В результате наших исследований по предпосевной обработке семян ярового ячменя регуляторы роста увеличили густоту стояния растений, количество стеблей, озернённость колоса, содержание сухого вещества в надземной массе и урожайность зерна. Лучшим был вариант обработки семян препаратом Борогум-М молибденовый, созданным на основе Фитоспорина и обогащённый микроэлементами. Данный препарат проявил антистрессовый эффект, повысив устойчивость растений ячменя к высокой температуре воздуха и недостатку влаги в почве.

Подобные результаты получены при обработке препаратами Гуми и Фитоспорином семян яровой пшеницы в условиях южной лесостепи республики Башкортостан и ярового ячменя в Рязанской области (Давлетшин Ф.М. и др., 2010; Давлетшин Ф.М. и др., 2014; Соколов А.А. и др., 2015).

Поскольку исследования по испытанию регуляторов роста проводились в течение одного года, полученные результаты и сделанные по ним выводы следует считать предварительными, требующими подтверждения в дальнейших исследованиях.

#### **Выводы.**

В условиях дефицита почвенной влаги и высоких среднесуточных температур предпосевная обработка семян ярового ячменя препаратом Борогум-М молибденовый увеличивает предуборочную густоту растений, число продуктивных стеблей и повышает урожайность зерна.

**Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2019-2021 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0004)**



Литература

1. Влияние комплексного концентрированного органоминерального удобрения «Гумат» на урожайность яровой пшеницы на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья / В.Ю. Скороходов, Ю.В. Кафтан, Д.В. Митрофанов, В.Н. Жижин // Состояние, перспективы экономико-технологического развития и экологически безопасного производства в АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф. Оренбург, 2010. С. 499-503. [Skorohodov VJu, Kaftan JuV, Mitrofanov DV, Zhizhin VN. Vlijanie kompleksnogo koncentrirovannogo organomineral'nogo udobrenija «Gumat» na urozhajnost' jarovoj pshenicu na chernozjomah juzhnyh Orenburgskogo Predural'ja (Conference proceedings) Sostojanie, perspektivy jekonomiko-tehnologicheskogo razvitija i jekologicheskij bezopasnogo proizvodstva v APK: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Orenburg, 2010:499-503. (In Russ)].
2. Воскобулова Н.И., Новикова А.А. Использование регуляторов роста и десикантов в семеноводстве сахарного сорго // Вестник мясного скотоводства. 2013. № 2(80). С. 126-130. [Voskobulova NI, Novikova AA. Use of growth-regulation chemical and desiccants in seed production of sugar sorghum. Herald of Beef Cattle Breeding. 2013;2(80):126-130. (In Russ)].
3. Давлетшин Ф.М., Сафин Х.М., Аюпов Д.С. Использование биопрепарата Фитоспорин при возделывании яровой пшеницы в южной лесостепи республики Башкортостан // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 10. С. 12-14. [Davletshin FM, Safin KhM, Ayupov DS. Utilization of the biological product phytosporin for the summer wheat cultivation in the southern Forest-prairie area of Bashkortostan Republic. Dostizhenija nauki i tehniki APK. 2010;10:12-14. (In Russ)].
4. Кадыров С.В., Коновалов Н.Н. Урожай и качество зерна яровой мягкой пшеницы в зависимости от обработки семян и растений стимуляторами роста и микроудобрениями в условиях лесостепи ЦЧР // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2009. № 2(21). С. 7-15. [Kadyrov SV, Kononov NN. Crop yield and grain quality of soft spring wheat depending on treatment of seeds and plants with growth stimulants and microfertilizers in the forest-steppe of central chernozem region. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2009;2(21):7-15. (In Russ)].
5. Кирсанова Е., Дарюга К. Применение регулятора роста Мивал-Агро для обработки семян гороха // Главный агроном. 2009. № 12. С. 17-20. [Kirsanova E, Darjuga K. Primenenie reguljatora rosta Mival-Agro dlja obrabotki semjan goroha. Glavnyj agronom. 2009;12:17-20. (In Russ)].
6. Лобойко Л.И., Шершнева А.А., Мельникова Т.А. Влияние биостимуляторов на продуктивность зерновой кукурузы // Кукуруза и сорго. 2003. № 4. С. 11-12. [Lobojko LI, Shershnev AA, Mel'nikova TA. Vlijanie biostimuljatorov na produktivnost' zernovoj kukuruzy. Kukuruza i sorgo. 2003;4:11-12. (In Russ)].
7. Прохорова Л.Н., Волков А.И., Кириллов Н.А. Отзывчивость гибридов кукурузы на применение регуляторов роста и развития растений // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 2(30). С. 24-28. [Prokhorova LN, Volkov AI, Kirillov NA. Responsiveness of corn hybrids on application of growth and development regulators of plants. Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii. 2015;2(30):24-28. (In Russ)]. doi: 10.18286/1816-4501-2015-2-24-28
8. Соколов А.А., Виноградов Д.В., Крючков М.М. Влияние предпосевной обработки семян ячменя биопрепаратами на продуктивность растений // Международный технико-экономический журнал. 2015. № 5. С. 93-99. [Sokolov AA, Vinogradov DV, Kryuchkov MM. Influence of preseeding processing of seedsof barley biological products on efficiency of plants. The International Technical-Economic Journal. 2015;5:93-99. (In Russ)].
9. Сорока Т.А., Щукин В.Б., Каракулев В.В. Влияние микроэлементов, удобрения на основе гуминовых кислот и регуляторов роста на продуктивность посева и качество зерна озимой пшеницы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012а. № 3(35). С. 51-53. [Soroka TA, Shchukin VB, Karakulev VV Effect of microelements, fertilizers based on humic acids and growth regulators on winter wheat productivity and grain quality. Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012a;3(35):51-53. (In Russ)].

10. Сорока Т.А. Влияние регуляторов роста и микроэлементов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012б. № 1(33). С. 42-44. [Soroka TA Effect of growth regulators and microelements on winter wheat grain yield and quality. Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012б;1(33):42-44. (In Russ)].
11. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы при использовании регуляторов роста и микроэлементов в технологии её возделывания / В.Б. Щукин, С.В. Харитонов, О.Г. Павлова, В.Ф. Абаимов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012а. № 3(35). С. 36-39. [Shchukin VB, Kharitonova SV, Pavlova OG, Abaimov VF The yields and quality of spring wheat grain as affected by the use of growth regulators and microelements. Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012а;3(35):36-39. (In Russ)].
12. Шаповал О.А., Вакуленко В.В., Прусакова Л.Д. Регуляторы роста растений // Защита и карантин растений. 2008. № 12. С. 53-88. [Shapoval OA, Vakulenko VV, Prusakova LD. Regulatory rosta rastenij. Zashhita i karantin rastenij. 2008;12:53-88. (In Russ)].
13. Щукин В.Б., Каракулев В.В., Бибикина А.Н. Влияние Ризоторфина, регуляторов роста и микроэлементов на урожайность нута // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012б. № 2(34). С. 40-42. [Shchukin VB, Karakulev VV, Bibikova AN Effect of rhizotorfine, growth regulators and microelements on chickpea yields. Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012б;2(34):40-42. (In Russ)].
14. Эффективность биофунгицида Фитоспорин-М,Ж на яровой пшенице при прямом посеве / Ф.М. Давлетшин, Р.Г. Гильманов, Х.М. Сафин, Д.С. Аюпов // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 2. С. 39-40. [Davletshin FM, Gilmanov RG, Safin HM, Ayupov DS. The biofungicide «phytosporin-M,L» effectiveness on spring wheat during cultivation according to technology «NO-TILL». Dostizhenija nauki i tehniki APK. 2014;2:39-40. (In Russ)].
15. Ahmad I, Basra SMA, Wahid A. Exogenous application of ascorbic acid, salicylic acid and hydrogen peroxide improves the productivity of hybrid maize at low temperature stress. Int. J. Agric. Biol. 2014;16(4):825-830.
16. Anjum SA, Wang LC, Farooq M, Hussain M, Xue LL, Zou CM. Brassinolide application improves the drought tolerance in maize through modulation of enzymatic antioxidants and leaf gas exchange. J. Agron. Crop Sc. 2011;197(3):177-185. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2010.00459.x>
17. Batool A, Wahid A, Farooq M. Evaluation of aqueous extracts of moringa leaf and flower applied through medium supplementation for reducing heat stress induced oxidative damage in maize. Int. J. Agric Biol. 2016;18(4):757-764. doi: 10.17957/IJAB/15.0163
18. Berbara RLL, García AC. Physiological Mechanisms and Adaptation Strategies in Plants Under Changing Environment. Humic Substances and Plant Defense Metabolism. Ahmad P, Wani MR, editors. New York: Springer. 2014;1:297-319. doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8591-9\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8591-9_11)
19. Errington J. Regulation of endospore formation in *Bacillus subtilis*. Nat Rev Microbiol. 2003;1:117-126. doi: 10.1038/nrmicro750
20. Kumar B, Lamba JS, Dhaliwal SS, Sarlach RS, Ram H. Exogenous application of bio-regulators improves grain yield and nutritional quality of forage cowpea (*Vigna unguiculata*). Int. J. Agric. Biol. 2014;16(4):759-765.
21. New Ag International [Internet]. Biocontrol in Asia: Gaining momentum! Seed treatments with biologicals: a new and promising frontier. 2015. Available from: <http://dunhamtrimmer.com/wp-content/uploads/2012/07/Biocontrol-in-Asia-Gaining-Momentum.pdf>
22. PCC. Climate Change Synthesis Report Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2014:151 p.
23. Yáñez-Mendizabal V, Viñas I, Usali J, Cañamás T, Teixidó N. Endospore production allows use of spray-drying as a possible formulation system of the biocontrol agent *Bacillus subtilis* CPA-8. Biotechnology Letters. 2012;34(4):729-735. doi: 10.1007/s10529-011-0834-y

24. Zandalinas SI, Mittler R, Balfagón D, Arbona V, Gómez-Cadenas A. Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. *Physiologia Plantarum*. 2018;162(1):2-12. doi: <https://doi.org/10.1111/ppl.12540>

#### Referenses

1. Skorokhodov VYu, Kaftan YuV, Mitrofanov DV, Zhizhin VN. Influence of complex concentrated organomineral fertilizer «Gumat» on the yield of spring wheat on chernozem soil of the southern Orenburg Cis-Urals. (Conference proceedings) State, prospects of economic and technological development and environmentally safe production in agricultural sector: materials of Intern. scientific-practical conf. Orenburg, 2010:499-503.

2. Voskobulova NI, Novikova AA. Use of growth-regulation chemical and desiccants in seed production of sugar sorghum. *Herald of Beef Cattle Breeding*. 2013;2(80):126-130.

3. Davletshin FM, Safin KhM, Ayupov DS. Use of a biological product Fitosporin in the cultivation of spring wheat in the southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2010;10:12-14.

4. Kadyrov SV, Konovalov NN. Harvest and quality of spring soft wheat, depending on the treatment of seeds and plants with growth stimulants and micronutrient fertilizers in the forest-steppe Central Chnozem Region. *Bulletin of Voronezh State Agrarian University*. 2009;2(21):7-15.

5. Kirsanova E., Daryuga K. Application of the growth regulator Mival-Agro for the treatment of pea seeds. *Chief agronomist*. 2009;12:17-20.

6. Loboyko LI, Shershnev AA, Melnikova TA. The influence of bios-mulators on the productivity of grain corn. *Corn and sorghum*. 2003;4:11-12.

7. Prokhorova LN, Volkov AI, Kirillov NA. Responsiveness of corn hybrids to the use of plant growth and development regulators. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2015;2(30):24-28. doi: 10.18286/1816-4501-2015-2-24-28

8. Sokolov AA, Vinogradov DV, Kryuchkov MM. The impact of presowing treatment of barley seeds with biological products on plant productivity. *International Technical and Economic Journal*. 2015;5:93-99.

9. Soroka TA, SchukinVB, Karakulev VV. The effect of trace elements, fertilizers based on humic acids and growth regulators on the productivity of sowing and quality of winter wheat grain. *IZVESTIA Orenburg State Agrarian University*. 2012a;3(35):51-53.

10. Soroka TA. The influence of growth regulators and microelements on yield and grain quality of winter wheat. *IZVESTIA Orenburg State Agrarian University*. 2012b;1(33):42-44.

11. Shukin VB, Kharitonova SV, Pavlova OG, Abaimov VF. Productivity and quality of spring wheat grain after using growth regulators and trace elements in the technology of its cultivation The yields and quality of spring wheat grain as affected by the use of growth regulators and microelements. *IZVESTIA Orenburg State Agrarian University*. 2012a;3(35):36-39.

12. Shapoval OA, Vakulenko VV, Prusakova LD. Plant growth regulators. *Plant protection and quarantine*. 2008;12:53-88.

13. Shukin VB, Karakulev VV, Bibikova AN. Influence of Rizotorphin, growth regulators and microelements on chickpea yield. *IZVESTIA Orenburg State Agrarian University*. 2012b;2(34):40-42.

14. Davletshin FM, Gil'manov RG, Safin KhM, Ayupov DS Efficiency of Fitosporin-M, Zh on biofungicide on spring wheat under direct sowing. *Achievements of science and technology of agriculture*. 2014;2:39-40.

15. Ahmad I, Basra SMA, Wahid A. Exogenous application of ascorbic acid, salicylic acid and hydrogen peroxide improves the productivity of hybrid maize at low temperature stress. *Int. J. Agric. Biol*. 2014;16(4):825-830.

16. Anjum SA, Wang LC, Farooq M, Hussain M, Xue LL, Zou CM. Brassinolide application improves the drought tolerance in maize through modulation of enzymatic antioxidants and leaf gas exchange. *J. Agron. Crop Sc*. 2011;197(3):177-185. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2010.00459.x>

17. Batool A, Wahid A, Farooq M. Evaluation of aqueous extracts of moringa leaf and flower applied through medium supplementation for reducing heat stress induced oxidative damage in maize. *Int. J. Agric Biol.* 2016;18(4):757-764. doi: 10.17957/IJAB/15.0163
18. Berbara RLL, García AC. Physiological Mechanisms and Adaptation Strategies in Plants Under Changing Environment. *Humic Substances and Plant Defense Metabolism*. Ahmad P, Wani MR, editors. New York: Springer. 2014;1:297-319. doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8591-9\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8591-9_11)
19. Errington J. Regulation of endospore formation in *Bacillus subtilis*. *Nat Rev Microbiol.* 2003;1:117-126. doi: 10.1038/nrmicro750
20. Kumar B, Lamba JS, Dhaliwal SS, Sarlach RS, Ram H. Exogenous application of bio-regulators improves grain yield and nutritional quality of forage cowpea (*Vigna unguiculata*). *Int. J. Agric. Biol.* 2014;16(4):759-765.
21. New Ag International [Internet]. Biocontrol in Asia: Gaining momentum! Seed treatments with biologicals: a new and promising frontier. 2015. Available from: <http://dunhamtrimmer.com/wp-content/uploads/2012/07/Biocontrol-in-Asia-Gaining-Momentum.pdf>
22. PCC. Climate Change Synthesis Report Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2014:151 p.
23. Yáñez-Mendizabal V, Viñas I, Usali J, Cañamás T, Teixidó N. Endospore production allows use of spray-drying as a possible formulation system of the biocontrol agent *Bacillus subtilis* CPA-8. *Bio-technology Letters.* 2012;34(4):729-735. doi: 10.1007/s10529-011-0834-y
24. Zandalinas SI, Mittler R, Balfagón D, Arbona V, Gómez-Cadenas A. Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. *Physiologia Plantarum.* 2018;162(1):2-12. doi: <https://doi.org/10.1111/ppl.12540>

**Воскобулова Надежда Ивановна**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом технологий кормовых культур, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1, тел.: 8(3532)43-46-90, сот.: 8-919-864-34-40, e-mail: [voskobulova1952@yandex.ru](mailto:voskobulova1952@yandex.ru)

**Неверов Александр Алексеевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела технологий кормовых культур, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1, тел.: 8(3532)43-46-90, сот.: 8-919-861-84-18, e-mail: [nevalex2008@yandex.ru](mailto:nevalex2008@yandex.ru)

**Яичкин Владимир Николаевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014, г. Оренбург, пер. Мало-торговый, 2, тел/факс: 8(3532)77-21-80, e-mail: [txpprogau@yandex.ru](mailto:txpprogau@yandex.ru)

Поступила в редакцию 28 мая 2019 г.; принята после решения редколлегии 17 июня 2019 г.; опубликована 28 июня 2019 г. / Received: 28 May 2019; Accepted: 17 June 2019; Published: 28 June 2019