

## REFERENCES

1. Abil'fazova Yu.S. Ocenka kachestva plodov raznyh sortov persika v usloviyah Sochi // Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo. 2018. № 67. S. 137–141.
2. Bahteev F.H. Vazhnejshie plodovye rasteniya. M.: "Prosveshchenie", 1970. 351 s.
3. Eremin G.A. Selekcionnoe uluchshenie persika i nektarina v Krasnodarskom krae // Nauch. zhurnal. KubGAU. 2010. № 63.
4. Mursalimova G.R., Hardikova S.V., Shamraev A.V. Soderzhanie askorbinovoy kisloty v plodah yabloni raznyh privojno-podvoynih kombinacij v prirodno-ekologicheskikh usloviyah Orenburgskoj oblasti // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2018. № 55. S. 129–132.  
<https://doi.org/10.31676/2073-4948-2018-55-129-132>.
5. Pochinok H.N. Metody biokhimičeskogo analiza rastenij. Kiev: Naukova dumka, 1976. S. 39–178.
6. Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur / Pod red. E.N. Sedova i T.P. Ogol'covoj. Orel: VNIISPK, 1999. 608 s.
7. Ryndin A.V., Lyah V.M., Smagin N.E. Kul'tura persika v raznyh stranah mira. Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo. 2016. № 57. S. 9–24.
8. Smagin N.E., Abil'fazova Yu.S. Bespreyvnij konvejer sozrevaniya plodov persika // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2015. № 6. S. 49–51.
9. Chivilev V.V., Kruzhkov A.V., Kirillov R.E., Kulikov V.N. Ocenka zasuhoustojchivosti sortov i form grushi, vishni, chershni i abrikosa // Vestnik sovremennyh issledovanij. 2019. № 1,2 (28). S. 115–117.
10. Shajtan I.M., Chuprina L.M., Anpilogova V.A. Biologicheskie osobennosti i vyrashchivanie persika, abrikosa i alychi. Kiev: Naukova Dumka, 1989. S. 6 – 154.
11. Abilfazova Yu., Belous O. Evaluation of the functional state of peach varieties (*Prunus persica* Mill.) when exposed hydrothermal stress to plants // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2018. Vol. 12. No. 1. P. 723–728.  
<https://doi.org/10.5219/974>.
12. Basharat Y., Khalid G., Ali Abas W., Preeti S. Health Benefits of Anthocyanins and Their Encapsulation for Potential Use in Food Systems: A Review // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2016. V. 56. P. 2223–2230.
13. Belous O., Abilphazova Yu. Peach Culture in the Humid Subtropics of Russia: A Biochemical Aspect. In book: *Prunus persica: Production, Nutritional Properties and Health Effects (Agricultural Research Updates)*. Nova Science Publishers, Inc., USA. Ch. 4. P. 234–240. 2021.
14. Cociu V., Hough L.F., Ionescu P.M., Topor E. Results on breeding new very early and early ripening peach and nectarine varieties // Acta Horticulture. 1985. V. 173. P. 25–30.  
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1985.173.3>.
15. Grosso G., Bei R., Mistretta A. et al. Effects of Vitamin C on health: a review of evidence // Front Biosci., 2013. No. 18. P. 1017–1029.
16. Legua P., Daz Mula H.M. et al. Quality, bioactive compounds and antioxidant activity of new flat-type peach and nectarine cultivars: a comparative study // Journal of Food Science. 2011. Vol. 76. Is. 5. P. 729–735.

Поступила в редакцию 15.04.2024

Принята к публикации 29.04.2024

УДК 632:631.8:633.1

DOI: 10.31857/S2500208224060135, EDN: WTLIPE

## КОМПЛЕКСНАЯ АНТИСТРЕССОВАЯ ЗАЩИТА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ КОНТРАСТНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ

Александр Сергеевич Ступин, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Виктор Иванович Левин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Рязанский государственный аграрно-технологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

E-mail: stupin32@yandex.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты стрессозащиты семян и растений яровой пшеницы и ячменя районированных сортов для третьей агроклиматической зоны РФ. Исследования проводили в 2018–2022 годах в два этапа: первый – лабораторные опыты на кафедрах селекции, семеноводства и агротехнологии ФГБОУ ВО РГАУ, второй – полевые на серых лесных почвах среднего уровня плодородия сельскохозяйственного предприятия имени Крупской (Рязанская обл.). Алгоритм комплексной стрессозащиты: а) отбор для посевных целей наиболее устойчивых партий семян к этиленовому стрессу, б) их стрессозащита и повышение всхожести в процессе послеуборочного хранения, в) предпосевная обработка, г) опрыскивание растений на IV–V этапах органогенеза полифункциональными регуляторами роста с антистрессовыми свойствами (Альбит, ТПС; Циркон, Р; Эпин-Экстра, Р), пролонгирующими эффект защиты растений в критические фазы их роста и развития. В течение пяти лет исследований, которые были контрастными по метеорологическим условиям, использование для посева семян с повышенной стрессоустойчивостью и функциональной активностью способствовало стабильному повышению полевой всхожести яровой пшеницы на 2,8–10,6%, усилению побегообразования в фазе кущения на 0,12–0,23, ячменя – 4,2–7,2% и 0,16–0,25% соответственно. Наиболее выражено эти процессы протекали у яровой пшеницы в годы с повышенной засухой. Растения в вариантах с комплексной стрессозащитой отличались более высокой продуктивностью фотосинтеза, индексом листовой поверхности и наземной фитомассы. Приемы, блокирующие развитие стресса от начальных этапов онтогенеза до формирования репродуктивных органов, интенсифицировали рост растений, обеспечивали лучшее накопление ресурсов продуктивности, способствовали повышению урожайности зерна яровой пшеницы и ячменя в зависимости от вариантов опыта соответственно на 0,48–0,62 и 0,31–0,39 т/га. Рост урожайности во все годы при использовании антистрессовой защиты был обусловлен увеличением числа продуктивных стеблей, более высокой полновесностью колоса и массой 1000 зерен. Эти методы стрессозащиты отвечают требованиям производства экологически безопасной продукции и могут найти применение как элемент технологии в производстве органической растениеводческой продукции.

**Ключевые слова:** зерновые культуры, стресс, комплексная стрессозащита, урожайность, погодные условия, регуляторы роста

## COMPREHENSIVE ANTI-STRESS PROTECTION OF GRAIN CROPS UNDER CONTRASTING WEATHER CONDITIONS

A.S. Stupin, *PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor*

V.I. Levin, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor*

Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

E-mail: stupin32@yandex.ru

**Abstract.** The article presents the results of stress protection of seeds and plants of spring wheat and barley of zoned varieties for the 3rd agroclimatic zone of the Russian Federation. The research was carried out in 2018–2022 in 2 stages: the first was a series of laboratory experiments at the departments of breeding, seed production and Agrotechnology of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, the second was field experiments on gray forest soils of average fertility in an agricultural enterprise named after him. Krupskaya Ryazan region. The algorithm of complex stress protection included a sequential cascade of interrelated agrotechnological techniques: a) a method for selecting the most resistant batches of seeds to ethylene stress for sowing purposes, b) a method for stress protection and increasing the germination of these seeds during post-harvest storage, c) pre-sowing seed treatment and d) plants IV–V stages of organogenesis with multifunctional growth regulators with anti-stress properties (Albite, TPS; Zircon, R; Epin-Extra, R), prolonging the effect of plant protection in critical phases of plant growth and development. During all 5 years of research, which were contrasting in meteorological conditions, the use of seeds with increased stress resistance and functional activity for sowing contributed, on average, to a stable increase in field germination of spring wheat by 2.8–10.6%, barley – 4.2–7.2%, increased shoot formation in the tillering phase of spring wheat by 0.12–0.23 and barley 0.16–0.25% of plants. These processes were most pronounced in spring wheat, in years with increased drought. The plant variants of complex stress protection were characterized by higher photosynthesis productivity, leaf surface index and terrestrial phytomass. A set of techniques that block the development of stress from the initial stages of ontogenesis to the formation of reproductive organs intensified plant growth, provided a higher level of accumulation of productivity resources, contributed to an increase in grain yields of spring wheat and barley, depending on the experimental options, by 0.48–0.62 t/ha and 0.31–0.39 t/ha, respectively. The increase in yield in all the years of the study, when using anti-stress protection, was due to an increase in the number of productive stems, a higher full-weight ear and a weight of 1000 grains. The applied stress protection methods fully meet the requirements of the production of environmentally friendly products and can be used as an element of technology in the production of organic crop products.

**Keywords:** crops, stress, complex stress protection, yield, weather conditions, growth regulators

Посевы сельскохозяйственных культур, отдельные растения в течение жизненного цикла неизбежно подвергаются воздействию широкого спектра абиотических стресс-факторов (засуха, резкие перепады температур). [3, 4, 6] У растений возникают повреждения надземной части и корневой системы, вызванные комплексом агротехнических приемов, средств механизированной обработки и ухода за посевами. [15, 16] Важная роль в интенсификации производства сельскохозяйственной продукции отводится применению инсектофунгицидов, гербицидов и других средств защиты. Подавляющее их большинство, особенно в случае нарушения технологического регламента, вызывает у растений стресс, что сопровождается снижением их функциональной активности, угнетением роста, падением продуктивности. [10, 11, 16] Альтернатива уменьшения пестицидной нагрузки и экстремальных абиотических факторов – расширение масштабов применения регуляторов роста с высоким уровнем биологической активности, свойствами иммуномодуляции и фитогормонов, регулирующих морфологическую и физиологическую программу развития, обеспечивающих формирование комплексной устойчивости к абиотическим стрессам. [1, 9, 12, 13, 16, 17, 20] Однако состояние стресса свойственно не только растениям, но и воздушно-сухим семенам сельскохозяйственных культур, находящимся в вынужденном покое. [5, 8] Семена, как целостные автономные организмы, на экстремальные воздействия самой различной природы (абиотические и биотические) отвечают неспецифической адаптационной реакцией. Нарушается обмен веществ, гормональный баланс, снижаются посевные качества, угнетается прорастание: в полевых условиях падает устойчивость проростков, уменьшается продуктивность растений. [14, 18] Выявлены факторы,

способные модифицировать состояние стресса и развигивать дистанционные каскадные эффекты между поврежденными и интактными семенами во всей совокупности в процессе послеуборочного хранения. [19]

Ведущая роль в адаптационной изменчивости растительных организмов и величине урожайности сельскохозяйственных культур принадлежит агроклиматическим условиям – продолжительности засушливого периода и вариабельности температурного режима при вегетации. [2–4]

Цель работы – оценить влияние комплекса приемов стрессозащиты семян при послеуборочном хранении и предпосевной обработке, а также растений в критические этапы органогенеза на устойчивость продукционного процесса зерновых культур в контрастных погодных условиях.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения – яровая пшеница *Triticum aestivum* L. сорта *Дарья* и ячмень *Hordeum vulgare* L. сорта *Владимир*, отвечающие требованиям ГОСТ Р 52325-2005 на сортовые и посевные качества семян сельскохозяйственных растений.

Исследования выполняли в 2018–2022 годах в два этапа. На первом в специализированной лаборатории физиологии университета с использованием авторских оригинальных методов оценивали устойчивость различных партий семян к этиленовому стрессу (патент RU № 2790268 от 15.02.2023), отбирая для посевных целей наиболее стрессоустойчивые, при последующем послеуборочном хранении их защиту обеспечивали (патент RU № 2217894 от 10.12.2003) максимальным заполнением объема воздушно- и светонепроницаемого контейнера, который вскрывали не-

посредственно перед посевом, что создавало условия гипоксии в межзерновой воздушной среде и блокировало фотоэффекты у зерновок. Стрессозащита семян включала агроприемы: отбор для посева наиболее устойчивых партий семян к стрессу; стрессозащита в процессе послеуборочного хранения в течение 9 мес. В комплекс стрессозащиты входило ежегодное определение в лабораторных условиях перед началом посевных работ оптимальной глубины посева семян, при которой снижались энергозатраты проростков на преодоление механического сопротивления почвы и формировалось максимальное число всходов.

На втором этапе закладывали полевые опыты на сельскохозяйственном предприятии имени Крупской Рязанской области. Схема опыта: 1. контроль – предпосевное хранение семян в зернохранилище (напольное); 2. стрессозащита (СЗ) семян; 3. СЗ + предпосевная обработка Альбитом, ТПС (40 мл/т) + опрыскивание растений на IV-V этапах органогенеза Альбитом, ТПС (40 мл/га); 4. предпосевная обработка СЗ семенами Цирконом, Р (2 мл/т) и растений на IV-V этапах органогенеза Цирконом, Р (40 мл/га); 5. предпосевная обработка СЗ семян Эпин-Экстра, Р (200 мл/т) и растений на IV-V этапах органогенеза Эпин-Экстра, Р (50 мл/га).

В полевых условиях стрессозащита включала высев семян на оптимальную глубину, обработку семян перед посевом и растений на IV-V этапах органогенеза (формирование потенциально возможного числа цветков в колосе) полифункциональными регуляторами роста с антистрессовыми свойствами.

Почва – серая лесная среднесуглинистая, содержание гумуса – 3,71% по Тюрину (ГОСТ 26213-91),  $P_2O_5$  (по Кирсанову) – 205 мг/кг почвы,  $K_2O$  (по Масловой) – 133 мг/кг почвы, рН<sub>сол</sub> пахотного слоя почвы – 5,1. Посев проводили в оптимальные агротехнические сроки для ранних зерновых культур Центральных районов Нечерноземной зоны РФ. Агротехнические мероприятия общепринятые в технологии выращивания яровой пшеницы и ячменя. Предшественниками в разные годы были озимая пшеница и зернобобовые культуры. Норма высева семян яровой пшеницы и ячменя соответственно 600 и 500 шт. всх. сем./м<sup>2</sup>, глубина посева по годам – 3...6 см. Посевная площадь делянок – 110 м<sup>2</sup>, учетная – 75 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная. Фенологические наблюдения, учеты, морфометрические измерения растений выполняли в соответствии с методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.

Результаты лабораторных опытов и биометрию растений статистически обрабатывали по критерию Стьюдента, различия считали статистически значимыми при  $P < 0,05$ , урожайные данные – методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову.

Метеорологические условия в период проведения полевых опытов (2018–2022 годы) характеризовались как контрастные: 2018 год – сильно засушливый, 2020 – избыточно влажный, 2019, 2021 и 2022 – близкие к средним многолетним значениям с признаками засухи. В 2018 году на ранних этапах онтогенеза (прорастание семян, формирование всходов, кушение) выпало 24 мм осадков (60% климатической нормы), в июне при интенсивном линейном росте и накоплении фитомассы – 17 мм (64% нормы). Только во II декаде июля количество осадков было в 1,5 раза больше средних многолетних. Но это не вносило значимых коррек-

тив по компенсации низкого уровня накопления фитомассы, в предыдущие этапы роста и развития, так как в этот период (колошение-цветение) экспотенциальный рост сменялся переходом на плато и уже происходил отток пластических веществ по типу донорно-акцепторных связей из вегетативных частей растений к генеративным (колос). I декада августа была экстремально засушливая – 23% нормы осадков. За активную вегетацию температурный режим отличался от средних многолетних значений не более чем на 0,5...0,6°C. Злаковые культуры на фоне острого дефицита влаги в мае и июне (ГТК – 0,48 и 0,32) и среднего за весь период вегетации (ГТК – 0,63) испытывали состояние хронического стресса.

Особенность агроклиматических условий 2020 года – стабильное превышение за жизненный цикл зерновых культур количества осадков в 1,5...2,1 раза климатической нормы, при температуре воздуха ниже нормы на 1,3°C в мае и 1,1...1,8°C июне-июле. К концу июня растения сформировали высокую фитомассу, отток пластических веществ из-за аттрагирующего эффекта генеративных органов обеспечил к середине августа формирование колоса с повышенной продуктивностью. ГТК по месяцам варьировал от 1,34...1,87, в среднем за вегетацию – 1,44. Погодные условия вегетации 2019, 2021 и 2022 годов характеризовались неравномерным выпадением осадков, их количество в отдельные декады составляло 53...65% нормы или превышало многолетние значения в 1,2...1,5 раза, были предпосылки формирования состояния стресса у растений. Температура неустойчивая, повышалась на 1,8...3,0°C или понижалась на 0,9...2,3°C.

ГТК в 2019, 2021 и 2022 годах – 0,91, 0,83 и 0,91, с колебаниями в течение вегетационного периода жизненного цикла – 0,39...1,33. Нестабильность водного и температурного режимов вызывало состояние гидротермостресса, нарушала сопряженность морфофизиологических процессов органогенеза и блокировало реализацию потенциальной продуктивности растений.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Проращивание СЗ семян зерновых культур сопровождалось формированием проростков значительно отличающихся от контроля. У яровой пшеницы морфологические показатели трех и семисуточных проростков превышали контроль по длине ростков на 5,8 и 7,1 мм (23,4 и 12,6%), ячменя – 3,6 и 5,3 мм (8,8 и 12,9%) (табл. 1).

Энергия прорастания СЗ семян яровой пшеницы и ячменя были больше контроля на 8,9 и 6,5%, по лабораторной всхожести различия отсутствовали. Контейнерное хранение при максимальном заполнении создавало условия близкие к гипоксии, в зерновках снижалась активность метаболических процессов. Отсутствие воздухообмена блокировало образование активных форм кислорода, индуцирующих развитие окислительного стресса, преимущественно у зерновок с нарушенной целостностью плодовых оболочек. [8] В результате у СЗ семян сохранялись более высокий энергетический потенциал и функциональная активность, что в полевых условиях способствовало увеличению числа прорастающих семян и усиленному развитию растений на ранних этапах онтогенеза (табл. 2).

Таблица 1.

Влияние условий послеуборочного хранения на морфометрические показатели проростков и посевные качества семян, среднее по трем партиям семян

Семена	Проростки				Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
	ростки, мм		наибольший первичный корешок, мм			
	трехсуточные	семисуточные	трехсуточные	семисуточные		
Яровая пшеница						
Стрессозащищенные	30,5 ± 2,3*	63,4 ± 3,7*	37,6 ± 2,9*	93,0 ± 4,3	88,4 ± 3,5*	96,1 ± 1,0
Контроль	24,7 ± 2,1	56,3 ± 3,2	29,4 ± 2,5	88,6 ± 4,1	79,5 ± 3,3	94,8 ± 1,2
Ячмень						
Стрессозащищенные	22,7 ± 1,9*	46,5 ± 2,6*	34,7 ± 2,3	85,1 ± 3,9	77,8 ± 3,2*	94,2 ± 1,1
Контроль	19,1 ± 1,5	41,2 ± 2,5	31,8 ± 2,4	84,3 ± 4,1	71,3 ± 3,0	93,5 ± 1,3

Примечание. \* – статистически достоверные различия с контролем при P ≤ 0,05. То же в табл. 3.

Таблица 2.

Полевая всхожесть СЗ семян и развитие растений яровой пшеницы и ячменя на ранних этапах онтогенеза при предпосевной обработке регуляторами роста по годам

Культура	Вариант	Полевая всхожесть, %			Коэффициент кущения		
		2018	2019	2020	2018	2019	2020
Яровая пшеница	1	59,4	72,7	88,5	1,07	1,28	1,61
	2	66,2	75,8	89,2	1,12	1,33	1,68
	3	68,3	77,1	90,4	1,26	1,34	1,71
	4	70,0	78,3	90,7	1,30	1,41	1,73
	5	69,6	77,6	91,3	1,29	1,40	1,72
Ячмень	1	60,1	68,2	85,4	1,12	1,41	2,03
	2	63,4	70,1	86,9	1,20	1,45	2,19
	3	67,3	72,4	88,1	1,35	1,47	2,15
	4	66,5	72,3	89,6	1,37	1,52	2,17
	5	65,8	73,9	89,0	1,33	1,54	2,18

Выраженное защитно-адаптивное влияние регуляторов роста на развитие растений происходило на ранних этапах онтогенеза (прорастание семян – формирование всходов, кущение), когда растения наиболее уязвимы к воздействию абиотических факторов стресса. В условиях продолжительной устойчивой за-

сухи в мае 2018 года (ГТК – 0,48) полевая всхожесть СЗ семян яровой пшеницы и ячменя превышала контроль на 6,8 и 3,3%, повышенной влагообеспеченности в 2020 (ГТК – 1,56) соответственно на 1,3 и 1,5%. Сочетание СЗ семян и предпосевной обработки регуляторами роста оказало выраженное защитно-стимулирующее влияние на прорастание. Полевая всхожесть в среднем по вариантам комплексной стрессозащиты у яровой пшеницы и ячменя в 2018 году увеличилась на 9,9 и 6,4%, 2020 – 2,0 и 3,5%. При пониженной влажности 2019 года (ГТК – 0,89) полевая всхожесть семян была выше контроля в варианте СЗ на 2,1...1,7%, в комплексных – 4,4...5,6% и 4,1...5,7% соответственно. В опытных вариантах происходило усиленное побегообразование у растений яровой пшеницы и ячменя, по отношению к контролю в 2018 году на 0,19...0,23% и 0,21...0,25%, 2020 – 0,05...0,07% и 0,12...0,15% соответственно. С улучшением влагообеспеченности растений и повышением ГТК снизились затраты энергетических ресурсов, различия в интенсивности кущения растений между опытными вариантами и контролем. Обработка растений на IV-V этапах органогенеза регуляторами роста пролонгировала антистрессовый эффект в фазах колошения-цветения (табл.3).

Коэффициент кущения в 2018–2020 годах был выше контроля у яровой пшеницы на 0,09...0,14, ячменя –

Таблица 3.

Изменчивость элементов продукционного процесса и структуры урожая зерновых культур в условиях антистрессовой защиты, 2018–2022 годы

Вариант	Колошение-цветение			Количество продуктивных стеблей, шт/м <sup>2</sup>	Продуктивность колоса		Масса 1000 зерен, г
	продуктивность фотосинтеза, г/м <sup>2</sup> /сут.	индекс листовой поверхности	наземная фитомасса, г/м <sup>2</sup>		зерно, шт.	масса, г	
Яровая пшеница							
1	5,85 ± 0,09	2,20 ± 0,11	897 ± 24	391	31,6	0,97	30,7
2	5,86 ± 0,10	2,49 ± 0,17*	958 ± 35*	410	32,0	0,99	30,9
3	6,01 ± 0,10	2,67 ± 0,25*	1045 ± 39*	415	32,5	1,03	31,7
4	6,09 ± 0,13*	2,65 ± 0,26*	1057 ± 45*	421	32,3	1,04	32,3
5	6,11 ± 0,12*	2,71 ± 0,29*	1063 ± 41*	425	32,5	1,04	32,2
Ячмень							
1	4,94 ± 0,07	1,87 ± 0,10	705 ± 18	357	19,9	0,90	43,9
2	4,97 ± 0,06	2,03 ± 0,11	744 ± 20*	378	20,1	0,90	43,9
3	5,03 ± 0,09	2,23 ± 0,19*	796 ± 27*	388	21,0	0,91	44,1
4	5,08 ± 0,08	2,25 ± 0,21*	809 ± 31*	391	21,1	0,92	44,0
5	5,07 ± 0,09	2,26 ± 0,21*	815 ± 33*	385	20,8	0,91	44,1

Таблица 4.

## Влияние комплексной стрессозащиты на урожайность зерновых культур, т/га

Вариант	Год					Среднее за пять лет	Прибавка к контролю, %
	2018	2019	2020	2021	2022		
Яровая пшеница							
1	2,83	3,89	4,68	3,33	4,22	3,79	–
2	3,09	4,21	4,87	3,59	4,51	4,05	6,8
3	3,34	4,43	5,09	3,81	4,70	4,27	12,7
4	3,52	4,42	5,18	3,87	4,77	4,35	14,8
5	3,61	4,66	5,12	3,84	4,81	4,41	16,4
НСР <sub>0,05</sub>	0,21	0,25	0,28	0,23	0,27		
Ячмень							
1	2,71	3,28	3,63	2,94	3,42	3,20	–
2	2,94	3,50	3,84	2,96	3,70	3,38	5,6
3	2,97	3,54	4,19	3,17	3,81	3,54	10,6
4	3,26	3,68	4,02	3,20	3,79	3,59	12,1
5	3,05	3,56	3,93	3,27	3,74	3,51	9,7
НСР <sub>0,05</sub>	0,19	0,20	0,23	0,18	0,21		

0,12...0,13. Эффект стрессозащиты наиболее отчетливо проявился в засуху у яровой пшеницы при комбинации СЗ семян с полифункциональными регуляторами роста.

Циркон, Р и Эпин-Экстра, Р оказали стимулирующее влияние на изменение всех элементов продукционного процесса (продуктивность фотосинтеза, листовая поверхность, наземная фитомасса) яровой пшеницы и ячменя. В вариантах с Альбитом, ТПС и СЗ у яровой пшеницы значительно повысились фитомасса растений и индекс листовой поверхности соответственно на 148 г/м<sup>2</sup> и 0,47, 61 г/м<sup>2</sup> и 0,29; ячменя – 91 г/м<sup>2</sup> и 0,36, 39 г/м<sup>2</sup> и 0,16.

Стрессозащита от начальных этапов органогенеза до формирования репродуктивных органов в среднем за пять лет способствовала увеличению у яровой пшеницы и ячменя количества продуктивных стеблей на 24...34 и 28...33 шт/м<sup>2</sup>, озерненности – 0,7...0,9 и 0,9...1,2 шт.; массы колоса – 0,06...0,07 и 0,01...0,02 г, массы 1000 зерен – 1,0...1,5 и 0,1...0,2 г. Комплексная стрессозащита помогала повысить урожайность зерна яровой пшеницы на 0,48... 0,62 т/га (12,7...16,4%), ячменя – 0,31...0,39 т/га (9,7...12,1%) (табл.4).

Максимальные прибавки урожая зерна яровой пшеницы за пять лет были получены трижды от применения Эпин-Экстра, Р, дважды от Циркона, Р, ячменя – дважды от Циркона, Р и Альбита, ТПС и один раз от Эпин-Экстра, Р.

Таким образом, комплексная стрессозащита при контрастных погодных условиях блокировала развитие стресса у растений и помогала использовать ресурсы продуктивности не на адаптивно-защитные реакции, а репродуктивные функции.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Боровская А.Д., Иванова Р.А., Машенко Н.Е. Влияние теплового стресса и биологически активных веществ из *Linaria genistifolia* на прорастание семян кукурузы и содержание в них крахмала // SECȚIA I. Aspecte genetice și fiziologice de creare și dirijare a potențialului productiv și adaptiv al plantelor de cultură. 2021. С. 18–21. <https://doi.org/10.53040/gppb7.2021.04>

2. Вакуленко В.В. Влияние регуляторов роста на урожайность сельскохозяйственных культур в различных зонах России // Зерновое хозяйство России. 2015. № 1. С. 48–54.

3. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Изменение климата и особенности селекции озимой мягкой пшеницы на продуктивность и адаптивность к нему // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 1. С. 20–25.

4. Гуреева Е.В. Влияние гидротермических условий на урожайность семян сои в условиях Рязанской области // Земледелие. 2018. № 7. С. 34–35.

5. Землянская Е.В., Омелянчук Н.А., Ермаков А.А., Миронова В.В. Механизмы регуляции передачи этиленового сигнала у растений // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20. № 3. С. 386–395.

6. Ионова Е.В., Лиховидова В.А., Лобунская И.А. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности (обзор литературы) // Зерновое хозяйство России. 2019. № 6. С. 18–22.

7. Левин В.И., Антипкина Л.А., Ступин А.С. Последствие стресс-факторов на прорастание и посевные качества семян зерновых культур // Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 4(48). С. 3–10.

8. Левин В.И., Дудин Н.Н., Антипкина Л.А., Ушаков Р.Н. Состояние стресса у семян хлебных злаков и методика его диагностики // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 5. С. 28–38.

9. Лухменев В.П. Регуляторы роста и иммуностимуляторы неспецифического антистрессового действия на яровой пшенице // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2004. № 4. С. 18–20.

10. Лухменев В.П., Нугуманов А.Х., Ахметшин А.И. и др. Экологические аспекты использования химических средств защиты растений на яровом ячмене и пшенице // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2005. Т. 1. С. 58–61.

11. Наумов М.М., Зимина Т.В., Хрюкина Е.И., Рябчинская Т.А. Роль полифункциональных регуляторов роста растений в преодолении гербицидного стресса // Агрохимия. 2019. № 5. С. 21–28.

12. Неверов А.А., Воскобулова Н.И., Верещагина А.С. Влияние обработки семян регулятором роста растений

- Мивал-Агро на формирование урожая зерна кукурузы в различных погодных условиях // *Животноводство и кормопроизводство*. 2018. Т. 101. № 2. С. 209–217.
13. Нефедьева Е.Э., Белопухов С.Л., Верхогуров В.В., Лысак В.И. Роль фитогормонов в регуляции прорастания семян // *Известия вузов. Прикладная химия и биология*. 2013. № 1. С. 61–66.
  14. Ряднов А.И., Арылов Ю.Н. Повышение урожайности яровой пшеницы за счет использования семян с низким уровнем травмирования // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2022. № 4 (68). С. 45–52.
  15. Сергеев В.С. Антистрессовая технология защиты сельскохозяйственных культур // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2012. № 10 (96). С. 33–36.
  16. Тютерев С.Л. Физиолого-биохимические основы управления стрессоустойчивостью растений в адаптивном растениеводстве // *Вестник защиты растений*. 2000. № 1. С. 11–35.
  17. Чумкина Л.В., Абрамова Л.И., Колпакова В.В., Топунов А.Ф. Роль фитогормонов в регуляции устойчивости семян пшеницы, ржи и тритикале к действию повышенных температур при прорастании // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2019. Т. 55. № 1. С. 77–85.
  18. Ihsan M.Z., Khaliq A., Siddiqui M.H. et al. The response of triticum aestivum treated with plant growth regulators to acute day/night temperature rise // *Journal of Plant Growth Regulation*. 2022. Т. 41. № 5. С. 2020–2033.
  19. Levin V.I., Antipkina L.A., Stupin A.S., Dudin N. Modifying the effect of stressed spring wheat seeds on intact ones // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Yekaterinburg. IOP Publishing Ltd: IOP Publishing Ltd, 2021. p. 012015.
  20. Sabagh A., Islam M.S., Hossain A. et al. Phytohormones as growth regulators during abiotic stress tolerance in plants // *Frontiers in Agronomy*. 2022. Т. 4. p. 765068.
  6. Ionova E.V., Lihovidova V.A., Lobunskaya I.A. Zasuha i gidrotermicheskiy koeffitsient uvlazhneniya kak odin iz kriteriev ocenki stepeni ee intensivnosti (obzor literatury) // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2019. № 6. С. 18–22.
  7. Levin V.I., Antipkina L.A., Stupin A.S. Posledejstvie stress-faktorov na prorastanie i posevnye kachestva semyan zernovykh kul'tur // *Vestnik Kurganskoj GSHA*. 2023. № 4(48). С. 3–10.
  8. Levin V.I., Dudin N.N., Antipkina L.A., Ushakov R.N. Sos-toyanie stressa u semyan hlebnih zlakov i metodika ego diagnostiki // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020. № 5. С. 28–38.
  9. Luhmenev V.P. Reguljatory rosta i immunostimulyatory nespecificeskogo antistressovogo dejstviya na yarovoj pshenice // *Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk*. 2004. № 4. С. 18–20.
  10. Luhmenev V.P., Nugumanov A.H., Ahmetshin A.I. i dr. Eko-logicheskie aspekty ispol'zovaniya himicheskikh sredstv zashchity rastenij na yarovom yachmene i pshenice // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2005. Т. 1. С. 58–61.
  11. Naumov M.M., Zimina T.V., Hryukina E.I., Ryabchinskaya T.A. Rol' polifunkcional'nyh reguljatorov rosta rastenij v preodolenii gerbicidnogo stressa // *Agrohimiya*. 2019. № 5. С. 21–28.
  12. Neverov A.A., Voskobulova N.I., Vereshchagina A.S. Vliyanie obrabotki semyan reguljatorom rosta rastenij Mival-Agro na formirovanie urozhaya zerna kukuruzy v razlichnyh pogodnyh usloviyah // *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*. 2018. Т. 101. № 2. С. 209–217.
  13. Nefed'eva E.E., Belopuhov S.L., Verhoturov V.V., Lysak V.I. Rol' fitogormonov v reguljácii prorastaniya semyan // *Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biologiya*. 2013. № 1. С. 61–66.
  14. Ryadnov A.I., Arylov Yu.N. Povyshenie urozhajnosti yarovoj pshenicy za schet ispol'zovaniya semyan s nizkim уровнем травмирования // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2022. № 4 (68). С. 45–52.
  15. Sergeev V.S. Antistressovaya tekhnologiya zashchity sel'skohozyajstvennyh kul'tur // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2012. № 10 (96). С. 33–36.
  16. Tyuterev S.L. Fiziologo-biohimicheskie osnovy upravleniya stressoustojchivost'yu rastenij v adaptivnom rastenievodstve // *Vestnik zashchity rastenij*. 2000. № 1. С. 11–35.
  17. Chumkina L.V., Abramova L.I., Kolpakova V.V., Topunov A.F. Rol' fitogormonov v reguljácii ustojchivosti semyan pshenicy, rzhi i tritikale k dejstviyu povyshennyh temperatur pri prorastanii // *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*. 2019. Т. 55. № 1. С. 77–85.
  18. Ihsan M.Z., Khaliq A., Siddiqui M.H. et al. The response of triticum aestivum treated with plant growth regulators to acute day/night temperature rise // *Journal of Plant Growth Regulation*. 2022. Т. 41. № 5. С. 2020–2033.
  19. Levin V.I., Antipkina L.A., Stupin A.S., Dudin N. Modifying the effect of stressed spring wheat seeds on intact ones // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Yekaterinburg. IOP Publishing Ltd: IOP Publishing Ltd, 2021. p. 012015.
  20. Sabagh A., Islam M.S., Hossain A. et al. Phytohormones as growth regulators during abiotic stress tolerance in plants // *Frontiers in Agronomy*. 2022. Т. 4. p. 765068.

## REFERENCES

Поступила в редакцию 27.06.2024  
Принята к публикации 11.07.2024