

А.С. Ступин ✉

В.И. Левин

Л.А. Антипкина

Рязанский государственный
агротехнологический университет
им. П.А. Костычева, Рязань, Россия

✉ stupin32@yandex.ru

Поступила в редакцию: 02.06.2025

Одобрена после рецензирования: 13.08.2025

Принята к публикации: 28.08.2025

© Ступин А.С., Левин В.И., Антипкина Л.А.

Research article


 creative commons
Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-398-09-90-98

Alexander S. Stupin ✉

Viktor I. Levin

Lyudmila A. Antipkina

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

✉ stupin32@yandex.ru

Received by the editorial office: 02.06.2025

Accepted in revised: 13.08.2025

Accepted for publication: 28.08.2025

© Stupin A.S., Levin V.I., Antipkina L.A.

Влияние пролонгированной стрессозащиты на устойчивость продукционного процесса зерновых культур

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В статье представлены результаты пролонгированной стрессозащиты посевов яровой пшеницы и ячменя районированных сортов для третьей агроклиматической зоны Российской Федерации. Исследования выполняли с 2018 по 2022 год, полевые опыты проводили на серых лесных почвах среднего уровня плодородия на сельскохозяйственном предприятии в ОАО «Аграрий» Рязанской области.

Цель исследований — экспериментальное обоснование эффективности применения пролонгированной стрессозащиты на всех этапах подготовки, хранения и предпосевной обработки семенного материала, а также в критически фазы роста и развития растения в зависимости от погодных условий и фитотоксичности (угнетения роста и фомирования урожая растениями) почвы.

Результаты. Скрининг стрессоустойчивых партий семян, стрессозащитное послеуборочное хранение и предпосевная обработка регулятором роста «Эпин-Экстра» активизировали прорастание семян зерновых культур и повышали полевую всхожесть на 5,3–8,2%. Обработка растений на IV–V и IX–X этапах органогенеза у зерновых культур (в зависимости от варианта опыта) интенсифицировала накопление наземной фитомассы, увеличение листового индекса посевов и чистой продуктивности фотосинтеза, соответственно, на 13,5–16,9%, 17,1–23,1% и 7,1–7,7%. Пролонгированная защита растений за счет стрессоустойчивости способствовала стабильному увеличению урожайности по годам вегетации, которая в среднем за 5 лет опытов на почвах с повышенной фитотоксичностью составила у: яровой пшеницы — 20,0%, ячменя — 15,8%. Рост урожая происходил в результате увеличения продуктивности колоса и массы 1000 зерен и был обусловлен последовательной взаимосвязью применяемых стрессозащитных агроприемов в течение всего периода вегетации.

Ключевые слова: регулятор роста, стрессозащита, пролонгация, урожайность, яровая пшеница, ячмень, фитотоксичность

Для цитирования: Ступин А.С., Левин В.И., Антипкина Л.А. Влияние пролонгированной стрессозащиты на устойчивость продукционного процесса зерновых культур. *Аграрная наука*. 2025; 398(09): 90–98.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-398-09-90-98>

The effect of prolonged stress protection on the stability of the production process of grain crops

ABSTRACT

Relevance. The article presents the results of prolonged stress protection of spring wheat and barley crops of zoned varieties for the third agro-climatic zone of the Russian Federation. The research was carried out from 2018 to 2022, field experiments were conducted on gray forest soils of average fertility at an agricultural enterprise in JSC “Agrari” of the Ryazan region.

The purpose of the research is to experimentally substantiate the effectiveness of prolonged stress protection at all stages of preparation, storage and pre-sowing treatment of seed material, as well as during the growth and development phases of the plant, depending on weather conditions and phytotoxicity (inhibition of growth and crop damage by plants) of the soil.

Results. Screening of stress-resistant seed batches, stress-protective post-harvest storage and pre-sowing treatment with the Epin-Extra growth regulator activated germination of grain seeds and increased field germination by 5.3–8.2%. Plant treatment at IV–V and IX–X stages of organogenesis in grain crops (depending on the experimental variant) intensified the accumulation of terrestrial phytomass, the increase in the leaf index of crops and the net productivity of photosynthesis, respectively, by 13.5–16.9%, 17.1–23.1% and 7.1–7.7%. Prolonged plant protection due to stress resistance contributed to a stable increase in yields over the growing season, which averaged 20.0% for spring wheat and 15.8% for barley over an average of 5 years of experiments on soils with increased phytotoxicity. The crop growth occurred as a result of an increase in the productivity of the ear and the weight of 1,000 grains and was due to the consistent interrelation of applied stress-protective agricultural techniques throughout the growing season.

Key words: growth regulator, stress protection, prolongation, yield, spring wheat, barley, and phytotoxicity

For citation: Stupin A.S., Levin V.I., Antipkina L.A. The effect of prolonged stress protection on the stability of the production process of grain crops. *Agrarian science*. 2025; 398(09): 90–98 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-398-09-90-98>

Введение/Introduction

Процесс вегетации у сельскохозяйственных культур протекает в условиях динамично изменяющихся факторов абиотической среды, варьирующихся от оптимальных до экстремально стрессовых значений (резкие перепады температур и выпадающих осадков, засуха, аридность климата, механические повреждения, пестициды), которым они неизбежно подвергаются на том или ином этапе онтогенеза [1–3].

На воздействие стресс-факторов растительный организм реагирует нарушением функциональной активности, ферментативной и гормональной регуляторных систем [4–6], угнетением процессов роста, снижением посевных качеств семян, продуктивности растений и урожайности сельскохозяйственных культур [7, 8]. Всё это указывает на способность абиотических стресс-факторов оказывать отрицательное влияние на растительный организм на всех этапах жизненного цикла.

В основе реализации продукционного процесса лежит тесная непрерывная взаимосвязь каждого этапа онтогенеза с генетической и физиологической программой развития, с одной стороны, и комплексом экологических факторов — с другой. Блокирование и разрушение данных связей стрессором — базовые причины снижения устойчивости и продуктивности растений [9–11]. Наиболее выраженное угнетающее воздействие на рост, развитие растений и формирование урожая сельскохозяйственных культур оказывает длительный эдафический стресс, обусловленный содержанием в почве загрязняющих веществ или при выращивании на участках земли, ранее занятых монокультурой [11–13], что ведет к формированию у растений хронического стресса.

Одним из приоритетных и наиболее масштабных направлений в системе антистрессовой защиты сельскохозяйственных растений продолжает оставаться применение широкого спектра полифункциональных стрессопротекторов, обеспечивающих нормализацию гормональной регуляции и повышение резистентности растений к повреждающим факторам среды [14–16]. Однако в практике растениеводства применение регуляторов роста носит преимущественно избирательный характер, то есть в отдельные фазы роста и развития растений или для обработки семенного материала. В результате их защитный эффект последствие проявляется только фрагментарно, на том или ином этапе органогенеза.

Но очередная серия абиотических стрессоров способна нивелировать ранее достигнутый кратковременный положительный эффект влияния регулятора роста. Возникает последующее нарушение взаимодействия физиологической

программы продукционного процесса с факторами внешней среды, которое может неоднократно повторяться в течение вегетации.

При всём многообразии экспериментальных данных по изучению механизма влияния повреждающих воздействий и фототоксичных свойств почвы, оказывающих угнетающее воздействие на рост, развитие и формирование урожая сельскохозяйственных культур и приемов их защиты, они главным образом касались вегетирующих растений. Тогда как, согласно научным данным последних лет, у воздушно-сухих семян, находящихся в состоянии стресса, выявлена способность отвечать на повреждающие воздействия изменениями гормонального баланса [17], модифицирующим влиянием на физиологическое состояние и посевные качества неповрежденных семян [18, 19], нарушением генетической стабильности [20] в зависимости от продолжительности и особых условий их хранения [21, 22].

В связи с этим только последовательная и непрерывная взаимосвязанная система антистрессовых приемов в течение всего жизненного цикла организма — от семени до завершения растениями вегетации, то есть пролонгированной защиты, создает предпосылки, обеспечивающие повышение устойчивости и продуктивности растений.

Цель работы — экспериментальное обоснование эффективности пролонгированной защиты зерновых культур от семени до завершения растениями вегетации в зависимости от погодных условий и уровня фитотоксичности почвы.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили с 2018 по 2022 год в ОАО «Аграрий» (Рязанская обл., Россия). Объект изучения — семена яровой пшеницы *Triticum aestivum* L. сорта Арата и ячменя *Hordeum vulgare* L. сорта Яромир, полученные в данном хозяйстве.

Семена, используемые для посева, отвечали требованиям ГОСТ Р 52325-2005¹ на сортовые и посевные качества семян сельскохозяйственных растений.

Экспериментальную работу выполняли в два этапа: первый — лабораторные исследования, второй — полевые опыты.

На этапе лабораторных исследований в соответствии с оригинальными авторскими методами проводили: а) скрининг-отбор для посева наиболее устойчивых партий семян яровой пшеницы и ячменя на воздействие этилена — гормона «старости» (патент от 15.02.2023 № 2790268²); б) послеуборочное хранение семян в течение 9 месяцев, обеспечивающее их пролонгированную стрессозащиту (патент от 10.12.2003 № 2217894³); в) оценку устойчивости семян к термострессу;

¹ ГОСТ Р 52325-2005 Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия.

² Патент РФ № 2790268 Способ проращивания семян зерновых культур для оценки их устойчивости к этиленовому стрессу. Оpubл. 15.02.2023. Патентообладатель Рязанский государственный агротехнологический университет им. проф. П.А. Костычева. Статус: прекратил действие, но может быть восстановлен (последнее изменение статуса 15.10.2024).

³ Патент РФ № 2217894 Способ повышения всхожести интактных семян при совместном хранении с семенами, находящимися в состоянии стресса. Оpubл. 10.12.2003. Патентообладатель Рязанская государственная сельскохозяйственная академия им. проф. П.А. Костычева. Статус: не действует (последнее изменение статуса 10.04.2022).

г) определение оптимальной глубины посева семян, используя почву участка, на котором планируется проводить их посев.

В полевых опытах пролонгированная антистрессовая защита включала: а) предпосевную обработку семян полифункциональным антистрессовым регулятором роста «Эпин-Экстра» («НЭСТ М», Россия); б) опрыскивание растений ранцевым опрыскивателем Gardena (Husqvarna, Швеция) на IV–V этапах органогенеза, формирование потенциально возможного числа цветков в колосках и на IX–X этапах органогенеза: цветения, оплодотворения, формирования зерновки и активной ассимиляционной деятельности флагового листа.

На всех этапах технологии выращивания зерновых культур, начиная с подготовки, хранения посевного материала и в критически важные фазы роста, развития и формирования урожая, обеспечивали условия, направленные на сохранение и поддержание непрерывной морфофизиологической связи между этапами органогенеза и гормонального баланса с устойчивостью продукционного процесса к абиотическим стресс-факторам.

Схема полевого опыта для яровой пшеницы и ячменя включала:

1. Контроль — напольное хранение семян (ГОСТ Р 52325-2005).

2. Стрессозащиту семян (СЗ) — контейнерное хранение.

3. СЗ + предпосевную обработку семян «Эпин-Экстра, Р» (СЗ + ПОС) — 200 мл/т.

4. СЗ + ПОС + опрыскивание растений на IV–V этапах органогенеза «Эпин-Экстра, Р» (СЗ + ПОС + IV–V) — 50 мл/га.

5. СЗ + ПОС + IV–V + опрыскивание растений на IX–X этапах органогенеза «Эпин-Экстра, Р» (СЗ + ПОС + IV–V + IX–X) — 50 мг/га.

Предварительно (до начала проведения полевого опыта) на двух разных участках определяли фитотоксичность почвы согласно ГОСТ Р ISO 22030-2009⁴. Посев проводили на двух уровнях фитотоксичности почвы — низком (предшественник — озимые, идущие после занятого пара) и повышенном (предшественник — монокультура ячмень, бессменное возделывание 3–5 лет).

Почвы опытных участков серые лесные среднесуглинистые, содержание гумуса — 3,63% (ГОСТ 26213-2021⁵), P_2O_5 — 197 мг/кг почвы, K_2O — 141 мг/кг почвы (ГОСТ Р 54650-2011⁶), pH — 5,3 (ГОСТ 26483-85⁷). СИ поверенные.

Посев проводили в оптимальные агротехнические сроки для ранних зерновых культур

центральных районов Нечерноземной зоны РФ. Агротехника общепринятая в технологии выращивания яровой пшеницы и ячменя. Норма высева семян яровой пшеницы и ячменя, соответственно, 600 шт. и 500 шт. всхожих семян на 1 м², глубина посева по годам варьировала от 3 до 7 см. Посевная площадь делянок 110 м², учетная — 75 м², повторность четырехкратная.

Фенологические наблюдения, учеты, морфометрические параметры растений выполняли в соответствии с методикой Госсорткомиссии⁸. Чистую продуктивность фотосинтеза определяли как прирост сухой массы растений (в г) за определенное время (сутки), отнесенный к единице листовой поверхности (м²), содержание хлорофилла — фотокolorиметрическим методом (ФЭК-56М, Россия), массу 1000 зерен — по ГОСТ ISO 520-2014⁹.

Метеорологические условия в годы проведения полевых опытов были выраженными контрастными как по годам вегетации, так и внутри каждого вегетационного периода. Вегетационный период 2018 года характеризовался экстремально засушливым с ранних этапов онтогенеза до завершения формирования урожая, тогда как многолетние значения температурного режима незначительно отклонялись от средних значений. В среднем за весь период вегетации ГТК = 0,63.

Агроклиматические условия 2020 года отличались повышенным выпадением осадков, превышающим в 1,5–1,9 раза климатическую норму, при температуре воздуха ниже нормы на 1,0–1,3 °C. Все фазы роста и развития у зерновых культур протекали при благоприятных метеорологических условиях. За вегетацию ГТК составил 1,44.

Погодные условия 2019, 2021, 2022 гг. сопровождалась неравномерным выпадением осадков в течение всего периода вегетации, особенно на ранних этапах онтогенеза в 2019 г. и 2021 г., когда количество осадков не превышало 45–60% нормы. У растений отмечали признаки засухи и выраженного дефицита влаги.

Нестабильность водного режима сопровождалась формированием у растений гидротермического стресса, нарушением сопряженности связей морфогенеза с продукционным процессом.

В отдельные фазы роста и развития метеорологические показатели 2022 г. были близки к многолетним значениям. ГТК в среднем за весь период вегетации варьировал от 0,83 до 0,91.

Статическую обработку биометрических показателей растений выполняли с использованием критерия Стьюдента, различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$, урожайные данные — методом дисперсионного анализа¹⁰.

⁴ ГОСТ Р ISO 22030-2009 Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений.

⁵ ГОСТ 26213-2021 Почвы. Методы определения органического вещества.

⁶ ГОСТ Р 54650-2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО.

⁷ ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО.

⁸ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. 1989.

⁹ ГОСТ ISO 520-2014 Зерновые и бобовые. Определение массы 1000 зерен.

¹⁰ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 1985.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Результатами 5-летних опытов выявлена устойчивая тенденция более динамичного прорастания семян и формирования всходов яровой пшеницы и ячменя при сочетании скрининга и стрессозащитного послеуборочного хранения (табл. 1).

Скрининг и стрессозащитное послеуборочное хранение семян сопровождалось выраженным увеличением числа всходов на почве с низкой фитотоксичностью в стадии шильца у яровой пшеницы и ячменя к контролю по годам вегетации — соответственно, на 3,3–9,2% и 1,3–7,8% или в среднем за 5 лет на 6,1% и 3,7%. В фазе 2 листьев (полные всходы) различия в интенсивности формирования всходов между опытными вариантами и контролем уменьшились до 2,7% и 1,5% соответственно.

На почвах с повышенной фитотоксичностью (количество проросших семян овса было на 7,3–10,4% меньше по сравнению с менее фитотоксичной почвой) превышение числа всходов в стадии шильца к контролю варьировало по годам вегетации у яровой пшеницы от 3,8 до 9,4%, ячменя — от 1,9 до 8,3%, в среднем за 5 лет, соответственно, 6,4% и 3,5%. При формировании полных всходов

их число было больше, чем в контроле: у яровой пшеницы — на 8,2%, у ячменя — на 4,1%. Следовательно, более фитотоксичная почва, как эдафический стрессовый фактор хронического воздействия, в большей степени подавляла процессы роста на ранних этапах онтогенеза у проростков яровой пшеницы и ячменя контрольного варианта, что свидетельствует об их меньшей стрессоустойчивости по сравнению с проростками семян опытного варианта.

Совместное использование скрининга, стрессозащитного хранения с последующей предпосевной обработкой семян полифункциональным регулятором роста со свойством стресспротектора пролонгировало защитный эффект прорастания семян, обеспечивало повышение всхожести у зерновых культур — как при низкой, так и при повышенной фитотоксичности почвы.

Количество всходов на стадии шильца в опытных вариантах варьировало в зависимости от метеорологических условий по годам вегетации на почве с пониженной фитотоксичностью с превышением к контролю у яровой пшеницы на 6,4–12,5% и ячменя 4,0–11,0%, в среднем за 5 лет — на 9,4% и 6,2%. В фазу 2 листьев всхожесть семян в опытных вариантах в среднем за 5 лет была

Таблица 1. Динамика формирования всходов яровой пшеницы и ячменя в зависимости от условий хранения, предпосевной обработки семян и фитотоксичности почвы, %

Table 1. Dynamics of spring wheat and barley seedlings formation depending on storage conditions, pre-sowing treatment and soil phytotoxicity, %

Фактор А (фитотоксичность почвы)	Фактор Б (варианты опыта)	2018		2019		2020		2021		2022		Средние за 5 лет	
		стадия шильца	фаза 2 листьев	стадия шильца	фаза 2 листьев	стадия шильца	фаза 2 листьев	стадия шильца	фаза 2 листьев	стадия шильца	фаза 2 листьев	стадия шильца	фаза 2 листьев
Низкая	Яровая пшеница												
	Контроль	39,4±2,7	67,2±2,2	62,5±2,4	81,4±1,9	74,1±2,3	87,6±1,8	58,7±2,5	83,0±1,5	51,2±2,1	79,5±2,7	57,2±2,2	79,7±2,4
	СЗ	45,8±2,1*	70,4±1,9	67,8±2,4*	83,2±2,0	77,4±1,6	89,1±1,7*	65,1±2,6*	86,7±1,7*	60,4±2,3*	82,6±3,2	63,3±2,3*	82,4±2,5
	СЗ+ПОС	50,1±2,3*	72,9±2,5*	69,9±1,8*	86,7±2,6*	80,5±3,0*	92,7±1,5*	68,8±2,1*	88,4±1,9*	63,7±3,0*	87,4±2,7*	66,6±2,5*	85,6±2,6*
	СЗ+ПОС+IV-V	51,3±1,9*	73,4±1,7*	70,2±2,3*	85,9±2,2*	81,0±2,7*	91,8±1,9*	2,6±69,3*	88,6±3,1*	65,1±2,1*	87,2±3,1*	67,3±2,6*	85,4±2,2*
	СЗ+ПОС+IV-V+IX-X	79,7±2,5*	72,5±2,2*	69,3±2,5*	86,1±1,8*	82,4±3,3*	92,6±2,4*	68,7±1,7*	87,5±2,2*	64,6±2,7*	86,4±2,1*	66,9±3,2*	85,0±1,9*
	Ячмень												
	Контроль	37,3±1,5	65,8±2,0	58,7±2,3	78,6±1,6	67,8±2,0	85,4±1,8	61,2±1,3	79,6±2,4	49,4±1,7	80,2±2,1	54,9±1,8	78,0±2,1
	СЗ	45,1±1,9*	70,0±2,1*	60,0±1,6	80,1±1,9	69,5±1,5	87,2±1,7	65,3±1,5*	82,3±2,1	53,0±1,5*	83,4±1,9	58,6±1,7*	80,5±1,9
	СЗ+ПОС	48,3±1,8*	74,5±2,3*	62,7±1,5*	82,4±1,7*	72,4±2,1*	90,3±1,3*	67,0±1,7*	84,9±2,2*	55,3±1,6*	85,7±2,1*	61,1±1,9*	83,6±2,0*
	СЗ+ПОС+IV-V	47,8±3,1*	75,1±2,8*	63,4±2,0*	83,2±1,5*	71,9±1,9*	90,6±1,6*	68,2±2,4*	85,4±3,1*	54,7±1,7*	86,5±2,3*	61,2±9,1*	84,1±2,3*
	СЗ+ПОС+IV-V+IX-X	49,1±2,7*	74,7±1,8*	62,8±1,6*	82,8±2,4*	73,5±3,1*	91,4±1,8*	67,1±1,5*	84,3±1,9*	55,2±2,1*	85,4±2,7*	61,5±2,2*	83,7±2,1*
Повышенная	Яровая пшеница												
	Контроль	22,5±3,7*	52,6±2,6*	55,4±1,5*	61,0±2,4*	67,8±1,9*	70,3±2,6*	44,9±1,4*	65,2±3,2*	37,8±2,8*	62,3±3,1*	46,1±2,7*	62,3±2,9*
	СЗ	31,9±3,1*	62,1±2,9*	60,7±1,8*	68,8±2,3*	72,0±2,1*	79,4±2,5*	53,6±1,6*	72,5±2,9*	44,5±2,5*	69,8±2,2*	52,5±2,9*	70,5±3,3*
	СЗ+ПОС	36,4±3,3*	68,0±3,2*	63,9±1,7*	71,7±3,1*	74,5±2,3*	81,7±1,8*	56,8±2,2*	74,9±3,1*	47,6±2,9*	72,9±1,8*	55,8±2,6*	73,8±3,1*
	СЗ+ПОС+IV-V	35,5±2,7*	68,6±3,4*	64,1±2,3*	71,5±2,6*	75,2±3,3*	82,7±2,5*	57,3±1,7*	73,8±2,8	48,4±2,6*	72,2±2,1*	56,1±2,3*	73,7±7,5*
	СЗ+ПОС+IV-V+IX-X	37,0±3,1*	69,2±2,0*	63,4±1,9*	72,8±3,2*	74,9±2,6*	81,6±2,1*	56,5±1,9*	75,1±3,3*	48,1±2,4*	73,3±1,9*	55,9±2,2*	74,4±2,7*
	Ячмень												
	Контроль	31,5±1,9	59,0±3,1	51,7±2,2	65,1±2,4	59,2±1,6	74,9±3,3	56,4±2,1	73,8±1,7	39,5±3,2	68,8±2,3	47,9±2,2	68,3±2,5
	СЗ	33,4±1,6	63,4±2,7	56,3±1,6*	69,2±1,7*	62,7±2,3	78,6±2,8	58,9±1,8	75,6±1,5*	47,8±2,4*	74,4±2,5	51,4±2,1	72,2±1,6
	СЗ+ПОС	37,0±2,1*	66,6±2,5*	59,7±1,8*	74,4±2,1*	67,4±2,9*	81,5±3,3*	61,8±2,1*	79,0±1,8*	49,3±3,1*	77,2±2,7*	54,8±2,4*	75,7±2,8*
	СЗ+ПОС+IV-V	36,4±1,9*	67,5±3,0*	58,9±1,5*	74,9±2,3*	68,5±2,8*	80,8±2,4*	61,5±1,7*	79,6±1,6*	49,7±3,2*	77,4±2,8*	55,0±2,3*	76,0±2,7*
	СЗ+ПОС+IV-V+IX-X	38,1±2,3*	66,3±2,1*	59,4±1,7*	75,1±3,2*	67,8±2,5*	81,2±2,7*	60,9±1,4*	78,4±1,9*	50,3±3,7*	77,1±2,2*	55,3±2,5*	75,6±2,5*

Примечание: * статистически значимые различия с контролем при $p \leq 0,05$.

больше контроля у яровой пшеницы на 5,9%, у ячменя на 5,6%.

Абсолютные показатели числа всходов у обеих культур во всех вариантах опыта уменьшились с повышением фитотоксичности почвы, но при этом их число относительно контроля было стабильно большим, чем на низкофитотоксичной почве. Так, среднее число всходов в стадии шильца в опытных вариантах было больше, чем в контроле: у яровой пшеницы — на 9,7%, у ячменя — 6,9%, в фазе 2 листьев, соответственно, на 11,5% и 7,4%. То есть происходило увеличение относительной стрессоустойчивости проростков семян опытных вариантов к контролю на почвах с повышенной фитотоксичностью по сравнению с их стрессоустойчивостью на почвах с низкой

фитотоксичностью. Это объясняется более сильным угнетением прорастания семян контроля на более фитотоксичной почве.

Последовательная цепь превентивных приемов стрессозащиты включала обработку растений на IV–V этапах органогенеза регулятором роста и индуцировала интенсивный линейный рост нижних междоузлий, а также активизировала и дифференциацию потенциально возможного числа цветков в колосе (табл. 2).

В результате при контрастных по годам метеорологических условиях в опытном варианте в фазу выхода в трубку при интенсивном линейном росте нижних междоузлий значительно повышалась наземная фитомасса растений у обеих злаковых культур, что было наиболее выражено в

Таблица 2. Влияние элементов стрессозащиты на побегообразование и накопление фитомассы растениями яровой пшеницы и ячменя (фаза «кущение — выход в трубку»)

Table 2. The effect of stress protection elements on shoot formation and accumulation of phytomass by spring wheat and barley plants (tillering "phase — exit into the tube")

Фактор А (фитотоксичность почвы)	Фактор Б (варианты опыта) 2018 коэффициент кущения фитомасса, г/м ²	Год										Средние за 5 лет	
		2019		2020		2021		2022		2023			
		коэф- фициент кущения	фито- масса, г/м ²	коэф- фициент кущения	фито- масса, г/м ²	коэф- фициент кущения	фито- масса, г/м ²	коэф- фициент кущения	фито- масса, г/м ²	коэф- фициент кущения	фито- масса г/м ²		
	Яровая пшеница												
Низкая	Контроль	1,44	276 ± 14	1,56	341 ± 15	1,75	446 ± 19	1,60	365 ± 17	1,69	397 ± 16	1,61	365/-100%
	СЗ	1,49	290 ± 11 105,1	1,61	357 ± 18 104,7	1,78	467 ± 16 104,2	1,63	378 ± 20 103,6	1,72	406 ± 15 102,2	1,65	379/103,8
	СЗ + ПОС	1,52	301 ± 17 108,7	1,63	369 ± 20 108,2	1,84	482 ± 20 107,7	1,68	383 ± 16 105,1	1,75	414 ± 18 104,3	1,68	389/106,6
	СЗ + ПОС + IV–V этапы органогенеза	1,53	314 ± 18* 113,4	1,64	381 ± 20* 111,7	1,87	489 ± 21* 109,3	1,69	402 ± 19* 110,2	1,77	441 ± 23* 111,1	1,70	405/110,9
	СЗ + ПОС + IV–V + IX–X	1,53	317 ± 16* 114,8	1,65	380 ± 22* 111,4	1,84	493 ± 23* 110,5	1,71	401 ± 18* 109,8	1,80	445 ± 21* 112,1	1,70	407/111,5
	Ячмень												
	Контроль	1,69	215 ± 11	1,93	274 ± 13	2,18	369 ± 16	2,01	280 ± 12	1,80	324 ± 14	1,92	292
	СЗ	1,73	225 ± 11 104,6	1,95	287 ± 12 105,0	2,21	383 ± 17 103,8	2,09	297 ± 13 106,1	1,81	334 ± 15 102,4	1,96	305/104,4
	СЗ + ПОС	1,75	232 ± 13 107,9	1,95	298 ± 11 108,7	2,25	399 ± 15 108,1	2,17	300 ± 14 107,1	1,83	342 ± 12 105,6	1,98	314/107,5
	СЗ + ПОС + IV–V этапы органогенеза	1,77	238 ± 12* 110,7	2,04	305 ± 13* 111,3	2,26	403 ± 16* 109,2	2,19	315 ± 13* 112,5	1,84	349 ± 12 107,7	2,01	322/110,3
	СЗ + ПОС + IV–V + IX–X	1,76	235 ± 13* 109,3	2,06	306 ± 15* 111,5	2,25	400 ± 14* 108,4	2,20	315 ± 11* 112,5	1,85	350 ± 13* 108,0	2,02	321/109,9
	Яровая пшеница												
Повышенная	Контроль	1,21	229 ± 15	1,38	254 ± 17	1,65	322 ± 21	1,44	274 ± 14	1,52	305 ± 19	1,44	276
	СЗ	1,25	246 ± 16 107,3	1,41	267 ± 15 105,1	1,68	330 ± 19 102,6	1,48	290 ± 13 105,9	1,55	325 ± 15 106,5	1,47	291/105,4
	СЗ + ПОС	1,30	285 ± 18 112,8	1,45	277 ± 18 108,9	1,70	339 ± 20 105,4	1,51	295 ± 15 107,8	1,58	333 ± 17 109,1	1,51	300/108,7
	СЗ + ПОС + IV–V этапы органогенеза	1,32	285 ± 23* 124,4	1,46	290 ± 17* 117,3	1,73	361 ± 23 112,1	1,54	327 ± 18* 119,4	1,60	351 ± 21* 115,1	1,53	323/116,9
	СЗ + ПОС + IV–V + IX–X	1,34	288 ± 21* 125,7	1,47	294 ± 20* 115,7	1,75	363 ± 16* 112,7	1,53	325 ± 19* 118,6	1,61	350 ± 23* 114,7	1,54	324/117,3
	Ячмень												
	Контроль	1,52	184 ± 12	1,63	242 ± 15	1,87	315 ± 14	1,72	245 ± 11	1,75	291 ± 14	1,69	255
	СЗ	1,57	198 ± 11 107,6	1,67	259 ± 17 107,0	1,90	329 ± 15 104,4	1,75	262 ± 12 106,9	1,76	306 ± 15 105,1	1,73	271/106,3
	СЗ + ПОС	1,61	208 ± 13 113,0	1,74	268 ± 16 110,7	1,92	347 ± 16 110,1	1,80	274 ± 14 111,8	1,81	315 ± 16 108,2	1,77	282/110,5
	СЗ + ПОС + IV–V этапы органогенеза	1,61	214 ± 15* 116,3	1,75	276 ± 16* 114,1	1,93	355 ± 21* 112,7	1,80	277 ± 11* 113,1	1,81	324 ± 15* 112,3	1,78	289/113,5
	СЗ + ПОС + IV–V + IX–X	1,62	218 ± 16* 118,4	1,76	274 ± 15* 113,2	1,92	359 ± 19* 113,9	1,81	275 ± 14* 112,2	1,82	326 ± 16* 112,0	1,79	290/113,7

Примечание: * статистически значимые различия с контролем при $p \leq 0,05$; числитель — фитомасса, в г/м²; знаменатель — % к контролю.

засушливом 2018 г. и при дефиците влаги весеннего периода 2019 г. на почве с повышенной фитотоксичностью. Прибавка фитомассы к контролю в данном варианте варьировала: у растений яровой пшеницы — 17,3–24,4%, ячменя — 14,1–16,3%, тогда как на почве с низкой фитотоксичностью, соответственно, 11,7–13,9% и 10,7–11,3%.

Среднее за 5 лет увеличение фитомассы на почве низкой фитотоксичности у растений яровой пшеницы составило 10,9%, ячменя — 10,3%, с повышенной фитотоксичностью почвы — соответственно, 16,9% и 13,5%. Побегообразование в фазу кущения во всех опытных вариантах сопровождалось слабовыраженным увеличением коэффициента кущения на 0,03–0,09, то есть морфогенез у растений был более консервативный, чем нарастание наземной фитомассы. Полученные данные указывают, что используемый регулятор роста стимулирует процессы роста и синтеза фитомассы и в меньшей степени оказывает влияние на морфогенез.

Применение «Эпин-Экстра» в критические этапы органогенеза (цветение, оплодотворение, формирование зерновок) в резко контрастных метеорологических условиях обеспечивало наиболее полную реализацию физиологической программы фотосинтеза и пролонгировало защитный эффект, индуцированный в предыдущих фазах роста и развития (табл. 3).

Листовой индекс посевов, обработанных регулятором роста в фазу «цветение — формирование зерновок», существенно превышал контроль в зависимости от фитотоксичности почвы: у яровой пшеницы — 16,7–23,1%, у ячменя — 13,1–17,1%. Площадь флаговых листьев, фотосинтетическая деятельность которых обеспечивает питание и развитие зерновок пластическими веществами, была значительно больше контроля: у яровой пшеницы — на 19,5–26,7%, у ячменя — на 16,9–20,9%.

Ответная реакция растений на обработку регулятором роста сопровождалась повышением чистой продуктивности фотосинтеза у яровой пшеницы (на 8,5–8,9%) и ячменя (на 7,1–7,6%) и суммарным повышением содержания хлорофилла «а» и «б» во флаговых листьях, соответственно, на 23,1% и 21,9%, создавая предпосылки увеличения продолжительности по времени ассимиляционной деятельности листового аппарата и активности фотосинтеза (табл. 4).

Таблица 3. Показатели фотосинтетической деятельности растений яровой пшеницы и ячменя в условиях антистрессовой защиты (фаза «цветение — формирование зерновок»), 2018–2022 гг.

Table 3. Indicators of photosynthetic activity of spring wheat and barley plants under conditions of anti-stress protection ("flowering — grain formation" phase), 2018–2022

Фактор А (фитотоксичность почвы)	Фактор Б (варианты опыта)	Листовой индекс посевов	Листовой индекс флаговых листьев растений	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м²/сут.	Содержание хлорофилла в флаговом листе, %
Низкая	Яровая пшеница				
	К	1,43±0,07	0,87±0,04	4,03±0,17	0,52±0,04
	СЗ	1,47±0,06	0,90±0,04	4,09±0,18	0,53±0,03
	СЗ + ПОС	1,49±0,07	0,92±0,05	4,15±0,15	0,53±0,04
	СЗ + ПОС + IV-V	1,59±0,08*	1,01±0,07*	4,22±0,17	0,61±0,05
	СЗ + ПОС + IV-V + IX-X	1,67±0,11*	1,04±0,07*	4,39±0,19*	0,64±0,05*
	Ячмень				
	К	1,22±0,06	0,71±0,04	3,82±0,14	0,41±0,03
	СЗ	1,24±0,05	0,74±0,03	3,85±0,20	0,42±0,03
	СЗ + ПОС	1,25±0,06	0,75±0,04	3,90±0,21	0,45±0,04
	СЗ + ПОС + IV-V	1,34±0,06*	0,81±0,05*	4,03±0,19	0,49±0,04
	СЗ + ПОС + IV-V + IX-X	1,38±0,07*	0,83±0,06*	4,11±0,12*	0,50±0,05*
Повышенная	Яровая пшеница				
	К	1,17±0,05	0,56±0,04	3,62±0,14	0,37±0,03
	СЗ	1,21±0,07	0,60±0,05	3,67±0,15	0,39±0,04
	СЗ + ПОС	1,26±0,06	0,63±0,05	3,74±0,13	0,40±0,03
	СЗ + ПОС + IV-V	1,37±0,09*	0,68±0,07*	3,85±0,16	0,46±0,04*
	СЗ + ПОС + IV-V + IX-X	1,44±0,11*	0,71±0,09*	3,94±0,17*	0,51±0,05*
	Ячмень				
	К	1,05±0,04	0,43±0,03	3,24±0,11	0,29±0,03
	СЗ	1,08±0,05	0,45±0,03	3,26±0,11	0,31±0,03
	СЗ + ПОС	1,11±0,05	0,47±0,04	3,35±0,13	0,33±0,04
	СЗ + ПОС + IV-V	1,19±0,07*	0,50±0,04*	3,42±0,12	0,37±0,03*
	СЗ + ПОС + IV-V + IX-X	1,23±0,08*	0,52±0,05*	3,47±0,11*	0,42±0,04*

Примечание: * статистически значимые различия с контролем при $p \leq 0,05$.

Повышенный средний уровень продуктивности фотосинтеза в вариантах с обработкой регулятором роста растений яровой пшеницы 8,7% и ячменя 7,4% обеспечивал устойчивый и стабильный рост продуктивности зерновых культур в 2018, 2019, 2021 гг. при неблагоприятных метеорологических условиях в период вегетации, когда ГТК варьировал в диапазоне 0,63–0,81.

Рост урожайности зерна при пролонгированной антистрессовой защите в течение вегетационного периода на почве с низкой фитотоксичностью за 5 лет в среднем составил: у яровой пшеницы — 11,5% и 14,4%, или 0,44 т/га и 0,55 т/га, у ячменя — 8,4% и 11,7%, или 0,29 т/га и 0,41 т/га. Относительная прибавка урожая была максимальной на почве с повышенной фитотоксичностью и достигала, соответственно, 12,8–20,0% и 11,7–14,1%.

Повышение урожайности зерна происходило за счет увеличения продуктивности колоса и массы 1000 зерен в зависимости от вариантов опыта и фитотоксичности почвы, соответственно, на 5,3–8,9% и 4,3–6,7%. Число продуктивных побегов изменялось незначительно. Увеличение параметров репродуктивных органов, вероятно, было обусловлено повышенной аттрагирующей способностью под влиянием «Эпин-Экстра».

Таблица 4. Влияние пролонгированной стрессозащиты на урожайность зерновых культур, т/га

Table 4. The effect of prolonged stress protection on grain yields, t/ha

Фактор А (фитотоксичность почвы)	Фактор Б (варианты опыта)	Год					Среднее за 5 лет	Прибавка к контролю, %	Элементы структуры урожая			
		2018	2019	2020	2021	2022			число продуктивных стеблей, шт/м ²	продуктивность колоса зерно, шт.	масса, г	масса 1000 зерен, г
Низкая	Яровая пшеница											
	К	3,05	3,74	4,46	3,82	4,07	3,83	–	412	29,7	0,93	31,3
	СЗ	3,12	3,81	4,53	3,93	4,15	3,91	2,1	413	30,3	0,95	31,4
	СЗ + ПОС	3,27	3,99	4,57	3,98	4,38	4,04	5,5	417	30,7	0,97	32,2
	СЗ + ПОС + IV–V	3,59	4,27	4,76	4,29	4,44	4,27	11,5	419	31,2	1,02	33,0
	СЗ + ПОС + IV–V + IX–X	3,67	4,39	4,87	4,39	4,58	4,38	14,4	418	31,6	1,05	33,5
	Ячмень											
	К	2,88	3,31	3,85	3,69	3,74	3,49	–	396	20,9	0,88	42,1
	СЗ	2,95	3,36	3,91	3,78	3,84	3,57	2,2	397	21,2	0,90	42,2
	СЗ + ПОС	3,04	3,46	4,07	3,84	3,93	3,67	5,1	400	21,5	0,92	42,7
Повышенная	СЗ + ПОС + IV–V	3,19	3,61	4,17	3,89	4,05	3,78	8,4	401	21,8	0,94	43,1
	СЗ + ПОС + IV–V + IX–X	3,32	3,73	4,28	4,07	4,11	3,90	11,7	403	22,1	0,97	43,9
	Яровая пшеница											
	К	2,51	3,08	3,53	3,32	3,54	3,20	–	374	28,2	0,85	30,1
	СЗ	2,63	3,15	3,77	3,50	3,68	3,35	4,5	373	29,2	0,89	30,4
	СЗ + ПОС	2,74	3,31	3,89	3,64	3,87	3,49	9,0	381	29,6	0,91	30,7
	СЗ + ПОС + IV–V	3,02	3,53	3,96	3,74	3,83	3,61	12,8	385	30,0	0,93	30,9
	СЗ + ПОС + IV–V + IX–X	3,29	3,78	4,20	3,92	4,01	3,84	20,0	386	30,1	0,99	32,8
	Ячмень											
	К	2,63	3,17	3,52	3,24	3,31	3,17	–	381	20,0	0,83	41,3
	СЗ	2,69	3,24	3,59	3,34	3,38	3,25	2,5	384	20,2	0,84	41,4
Фактор А и Б — НСР _{0,05}	СЗ + ПОС	2,80	3,36	3,67	3,41	3,50	3,35	5,7	387	20,7	0,86	41,5
	СЗ + ПОС + IV–V	2,99	3,51	3,85	3,66	3,69	3,54	11,7	391	21,4	0,90	42,0
	СЗ + ПОС + IV–V + IX–X	3,19	3,57	3,96	3,76	3,88	3,67	15,8	393	21,3	0,93	43,5
	Фактор А — НСР _{0,05}	0,26	0,29	0,34	0,30	0,31						
	Фактор Б — НСР _{0,05}	0,19	0,21	0,30	0,24	0,27						

Выводы/Conclusions

Повышение устойчивости продукционного процесса зерновых культур обеспечивал алгоритм пролонгированной стрессозащиты, который включал: отбор (скрининг) семян после уборки урожая зерновых культур для посевных целей с повышенной устойчивостью, последующий стрессозащитный режим хранения семян от уборки до посева, предпосевную обработку семян и растений в критические фазы роста и развития полифункциональным регулятором роста «Эпин-Экстра», обладающим свойством стрессопротектора. Более высокий стрессозащитный эффект отмечали в экстремальных погодных условиях на почвах с повышенной фитотоксичностью у яровой пшеницы.

Последовательное применение скрининга, антистрессового хранения семян и предпосевной обработки стимулировало прорастание семян в фазу шильца у яровой пшеницы (на 9,4–9,7%) и ячменя (на 5,3–7,4%), повышало полевую всхожесть, соответственно, на 5,9–11,5% и 5,6–7,4%.

Обработка растений регулятором роста на IV–V этапах органогенеза вызывала стабильное усиление нарастания фитомассы в зависимости от фитотоксичности почвы и вариантов опыта: у яровой пшеницы — на 9,3–24,4%, у ячменя — на 7,7–16,3%.

Последующая обработка растений на IX–X этапах сопровождалась устойчивым увеличением листовых индексов посевов, флаговых листьев и продуктивности фотосинтеза на почвах с низкой фитотоксичностью: у яровой пшеницы — 16,7%, 19,5%, 8,9% соответственно; у ячменя — 13,1%, 16,9%, 7,5%, соответственно, на почве с повышенной фитотоксичностью — 23,1%, 26,7%, 8,8%; 17,1%, 20,9%, 7,1%.

В среднем за 5 лет максимальная прибавка урожая зерна была получена на почвах с повышенной фитотоксичностью и составила: у яровой пшеницы — 20,0%, у ячменя — 15,8%, или 0,64 т/га и 0,50 т/га, что объясняется более сильным угнетением посевов контрольного варианта на данных почвах.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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): 20–25. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/1/20-25>
2. 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): 18–22. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22>
3. Долженко В.И., Лаптев А.Б. Современный ассортимент средств защиты растений: биологическая эффективность и безопасность. *Плодородие*. 2021; (3): 71–75. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.120.13>
4. Саржевская Е.А. Молекулярные механизмы устойчивости растений к различным неблагоприятным стрессовым факторам. *Сборник трудов, приуроченных к Всероссийской студенческой научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения В.Т. Емцева*. М.: Российский государственный аграрный университет. 2024; 141–145. EDN ZRBFPE
5. Кондратьев М.Н., Ронжина Е.С., Ларикова Ю.С. Влияние абиотических стрессов на метаболизм вторичных соединений в растениях. *Известия КГТУ*. 2018; 49: 203–219. <https://www.elibrary.ru/xngjoh>
6. Лубянова А.Р., Безрукова М.В., Шакирова Ф.М. Взаимодействие сигнальных путей при формировании защитных реакций растений в ответ на стрессовые факторы окружающей среды. *Физиология растений*. 2021; 68(6): 563–578. <https://doi.org/10.31857/S0015330321060129>
7. Скворцова Ю.Г., Филенко Г.А., Фирсова Т.И., Газе В.Л., Анисимова Н.Н. Влияние водного стресса на посевные качества семян и урожайность озимой пшеницы. *Зерновое хозяйство России*. 2017; (6): 52–55. <https://www.elibrary.ru/zxjnw>
8. Голова Т.Г., Ершова Л.А., Кузьменко С.А. Формирование продуктивности ярового ячменя в стрессовых условиях. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; (2): 98–105. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2022-2-98-105>
9. Чумикина Л.В., Арабова 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; 55(1): 77–85. <https://doi.org/10.1134/S0555109919010045>
10. Митрофанов Д.В. Влияние погодных условий, основной обработки почвы, продуктивной влаги и питательных веществ на урожайность зерновых культур. *Аграрный вестник Урала*. 2023; 23(8): 12–22. <https://www.elibrary.ru/briupg>
11. Скороходов В.Ю. Влияние температурного стресса на урожайность ячменя в Оренбуржье. *Аграрный вестник Урала*. 2023; 23(10): 11–21. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-23-10-11-21>
12. Волкова Л.В., Тулякова М.В. Влияние длительного эдафического стресса на характеристики проростков следующего поколения гибридов яровой пшеницы. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021; 22(4): 466–476. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.4.466-476>
13. Трухачев В.И., Серегина И.И., Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И., Ахметжанов Д.М. Защитно-стимулирующая роль циркона в формировании урожайности яровой пшеницы в условиях загрязнения почвы цинком. *Плодородие*. 2022; (2): 44–49. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.125.11>
14. Вакуленко В.В. Регуляторы роста растений повышают стрессоустойчивость культур. *Защита и карантин растений*. 2015; (2): 13–15. <https://www.elibrary.ru/thqiiv>
15. Горьков А.А., Павловская Н.Е., Сидоренко В.С. Эффективность использования биопрепаратов в повышении устойчивости озимой пшеницы к стрессам. *Вестник аграрной науки*. 2021; (2): 33–39. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2021.2.33>
16. Осипова Л.В., Верниченко И.В., Ромодина Л.В., Курносоева Т.Л., Быковская И.А. Устойчивость ярового ячменя к абиотическому стрессу в зависимости от уровня минерального питания и предобработки семян селеном и кремнием. *Агрохимия*. 2019; (7): 67–74. <https://doi.org/10.1134/S000218811907010X>
17. 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): 28–38. <https://www.elibrary.ru/xvakqb>

REFERENCES

1. Grabovets A.I., Fomenko M.A. Climate change and selection features of winter soft wheat on productivity and adaptability to it. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2023; (1): 20–25 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/1/20-25>
2. Ionova E.V., Likhovidova V.A., Lobunskaya I.A. Drought and hydrothermal humidity factor as one of the criteria to estimate its intensity degree (literature review). *Grain Economy of Russia*. 2019; (6): 18–22 (in Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22>
3. Dolzhenko V.I., Laptiev A.B. Modern range of plant protection means: biological efficiency and safety. *Plodородие*. 2021; (3): 71–75 (in Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.120.13>
4. Sarzhevskaya E.A. Molecular mechanisms of plant resistance to various adverse stress factors. *Collection of works dedicated to the All-Russian Student Scientific and Practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of V.T. Yemtseva*. Moscow: Russian State Agrarian University. 2024; 141–145 (in Russian). EDN ZRBFPE
5. Kondratiev M.N., Ronzhina E.S., Larikova Yu.S. Effect of abiotic stressors on secondary metabolism in plants. *KSTU News*. 2018; 49: 203–219 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xngjoh>
6. Lubyanova A.R., Bezrukova M.V., Shakirova F.M. Interaction between Signal Pathways upon Formation of Plant Defense in Response to Environmental Stress Factors. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2021; 68(6): 989–1002. <https://doi.org/10.1134/S1021443721060121>
7. Skvortsova Yu.G., Filenko G.A., Firsova T.I., Gaze V.L., Anisimova N.N. The effect of water stress on quality and productivity of winter wheat seeds. *Grain Economy of Russia*. 2017; (6): 52–55 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zxjnw>
8. Golova T.G., Ershova L.A., Kuzmenko S.A. Formation of productivity of spring barley under stressful conditions. *Legumes and groat crops*. 2022; (2): 98–105 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2022-2-98-105>
9. Chumikina L.V., Arabova L.I., Kolpakova V.V., Topunov A.F. The Role of Phytohormones in the Regulation of the Tolerance of Wheat, Rye, and Triticale Seeds to the Effect of Elevated Temperatures during Germination. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2019; 55(1): 59–66. <https://doi.org/10.1134/S0003683819010046>
10. Mitrofanov D.V. Influence of weather conditions, basic tillage, productive moisture and nutrients on the yield of grain crops. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 23(8): 12–22 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/briupg>
11. Skorokhodov V.Yu. The effect of temperature stress on the barley yield in the Orenburg region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 23(10): 11–21 (in Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-23-10-11-21>
12. Volkova L.V., Tulyakova M.V. The effect of long-term edaphic stress on the characteristics of next generation of spring wheat hybrids seedlings. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2021; 22(4): 466–476 (in Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.4.466-476>
13. Trukhachev V.I., Seregina I.I., Belopukhov S.L., Dmitrevskaya I.I., Akhmetzhanov D.M. Protective and stimulating role of growth regulator in formation of spring wheat yield in conditions of soil contamination with zinc. *Plodородие*. 2022; (2): 44–49 (in Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.125.11>
14. Vakulenko V.V. Plant growth regulators improve stress tolerance of crops. *Plant protection and quarantine*. 2015; (2): 13–15 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/thqiiv>
15. Gorkov A.A., Pavlovskaya N.E., Sidorenko V.S. The efficiency of the use of biopreparations in increasing winter wheat resistance to the stress. *Bulletin of agrarian science*. 2021; (2): 33–39 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2021.2.33>
16. Osipova L.V., Vernichenko I.V., Romodina L.V., Kurnosova T.L., Bykovskaya I.A. Spring barley resistance to abiotic stress, depending on the level of mineral nutrition and preprocessing of seeds by selenium and silicon. *Agricultural Chemistry*. 2019; (7): 67–74 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S000218811907010X>
17. Levin V.I., Dudin N.N., Antipkina L.A., Ushakov R.N. The state of stress in cereal seeds and methods for its diagnosis. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2020; (5): 28–38 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xvakqb>

18. Levin V., Antipkina L., Stupin A., Dudin N. Modifying the effect of stressed spring wheat seeds on intact ones. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 699: 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/699/1/012015>
19. Stupin A.S., Levin V.I. Prospects for the use of prolonged stress protection in the spring wheat cultivation. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 22001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410822001>
20. Pirredda M., González-Benito M.E., Martín C., Mira S. Genetic and Epigenetic Stability in Rye Seeds under Different Storage Conditions: Ageing and Oxygen Effect. *Plants*. 2020; 9(3): 393. <https://doi.org/10.3390/plants9030393>
21. Trusiak M., Plitta-Michalak B.P., Michalak M. Choosing the Right Path for the Successful Storage of Seeds. *Plants*. 2023; 12(1): 72. <https://doi.org/10.3390/plants12010072>
22. Levin V.I., Stupin A.S. The mechanism of suppression of intact spring wheat seeds induced by storage with injured and damaged grains. *Agrarian science*. 2025; (4): 121–128 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-121-128>

ABOUT THE AUTHORS

Alexander Sergeevich Stupin

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
of the Department of Breeding, Seed Production
and Agrochemistry
stupin32@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0548-6313>

Viktor Ivanovich Levin

Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department
of Breeding, Seed Production and Agrochemistry
levin-49@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9587-0556>

Lyudmila Anatolyevna Antipkina

Evdaniina Anatolyevna Anisipkina
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
of the Department of Forestry and Horticulture
latalanova@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6933-8833>

Ryazan State Agrotechnological University named
after P.A. Kostychev,
1 Kostychev Str., Ryazan, 390044, Russia



АГРОБІЗНЕС
Організатор форуму

30-31 ОКТЯБРЯ 2025 г. / СОЧИ

ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ:

- Новые направления в отрасли садоводства и виноградарства
- Перспективы отрасли плодоводства и виноградарства
- Технологии хранения и предпродажной подготовки фруктов и ягод
- Инфраструктура сбыта плодов и ягод. Как реализовать?
- Переговоры с сетями
- Государственная поддержка развития плодово-ягодной отрасли

Предприятия фруктового садоводства, виноградарства и ягодоводства; Компании, производящие удобрения; Предприятия по переработке и хранению плодово-ягодной продукции; Крестьянские фермерские хозяйства, выращивающие плодово-ягодные культуры открытого грунта; Крупнейшие агропарки и оптово-распределительные центры; Представители крупнейших торговых сетей; Госорганы; Представители профильных ассоциаций и союзов.

+7 (909) 450-36-10
+7 (960) 476-53-39
+7 (968) 800-53-39

e-mail: events@agbz.ru
Регистрация на сайте: fruitforum.ru

