



Почвоведение и агрохимия Soil science and agrochemistry

DOI: 10.22363/2312-797X-2026-21-2-269-279

EDN JPCDYM

УДК 633.11:630*114.445

Научная статья / Research article

Влияние 6-бензиламинопурина на продуктивность озимых зерновых в условиях почвенного засоления

И.В. Горепекин¹  , З.С. Султанова² , Т.Г. Калнин¹ , Г.Н. Федотов¹ ,
С.А. Шоба¹ , Ш.П. Сабирова² , Н.П. Пирназарова² 

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

²Каракалпакский институт сельского хозяйства и агротехнологий, г. Нукус, Республика Узбекистан

 decembrist96@yandex.ru

Аннотация. 6-бензиламинопурин является синтетическим аналогом природного фитогормона группы цитокининов. В ряде исследований показано, что его использование положительно влияет на развитие растений в условиях почвенного засоления. Между тем полевых исследований по влиянию 6-бензиламинопурина на развитие озимых зерновых культур для территории Республики Узбекистан не обнаружено. Цель исследования — оценка влияния фоллиарной обработки на показатели продуктивности озимых зерновых культур 6-бензиламинопурином в условиях почвенного засоления. Исследование проводилось на орошаемых участках в Республике Узбекистан (Республика Каракалпакстан). По результатам опыта 2023–2024 г. установлено, что при использовании состава на изученных культурах увеличиваются масса зерна с квадратного метра и средняя масса зерна с колоса. Полевой опыт 2024–2025 г. показал, что обработка фитогормонами озимых пшеницы и ячменя улучшает общую и продуктивную кустистость и это сказалось на повышении урожайности изученных культур: 14 % для озимой пшеницы и 9 % для озимого ячменя.

Ключевые слова: фитогормоны, листовая обработка, пшеница, ячмень

© Горепекин И.В., Султанова З.С., Калнин Т.Г., Федотов Г.Н., Шоба С.А., Сабирова Ш.П., Пирназарова Н.П., 2026



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Вклад авторов: Горепекин И.В. — дизайн исследования, обработка материалов, написание текста статьи; Султанова З.С. — сбор и обработка материалов, анализ результатов, написание текста; Калнин Т.Г. — сбор материалов, анализ результатов; Федотов Г.Н. — дизайн исследования, обработка материалов, редактирование статьи; Шоба С.А. — концепция статьи, редактирование статьи; Сабирова Ш.П. — сбор материалов, анализ результатов; Пирназарова Н.П. — сбор материалов, анализ результатов. Все авторы одобрили окончательную версию статьи.

Финансирование. Работа выполнена за счет финансирования, выделенного на цели функционирования Евразийского центра по продовольственной безопасности МГУ (распоряжение Правительства РФ № 1736-р от 26.06.2021).

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 30 октября 2025 г.; принята к публикации 12 марта 2026 г.

Для цитирования: Горепекин И.В., Султанова З.С., Калнин Т.Г., Федотов Г.Н., Шоба С.А., Сабирова Ш.П., Пирназарова Н.П. Влияние 6-бензиламинопурина на продуктивность озимых зерновых в условиях почвенного засоления // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2026. Т. 21. № 2. С. 269–279. doi: 10.22363/2312-797X-2026-21-2-269-279 EDN: JPCDYM

The effect of 6-benzylaminopurine on productivity of winter cereals under soil salinization conditions

Ivan V. Gorepekin¹  , Zulfiya S. Sultanova² , Timofey G. Kalnin¹ ,
Gennady N. Fedotov¹ , Sergey A. Shoba¹ , Shakhnoza P. Sabirova² ,
Nigora P. Pirnazarova² 

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

²Karakalpak Institute of Agriculture and Agrotechnologies, Nukus, Republic of Uzbekistan
 decembrist96@yandex.ru

Abstract. 6-benzylaminopurine is a synthetic analogue of the natural phytohormone of the cytokinin group. A number of studies have shown that its use has a positive effect on plant development in conditions of soil salinization. Meanwhile, the authors have not found any field studies on the effect of 6-benzylaminopurine on the development of winter grain crops in the territory of the Republic of Uzbekistan. The aim of the study was to evaluate the effect of foliar treatment on productivity of winter grain crops with 6-benzylaminopurine under soil salinization conditions. The study was conducted on irrigated areas in the Republic of Uzbekistan (Republic of Karakalpakstan). Based on the results of the 2023–2024 experiment, it was found that when using the agent on the studied crops, spike weight and average grain weight per spike improve. As a result of the field experiment of 2024–2025, it was shown that phytohormone treatment of winter wheat and barley improves overall and productive tillering, which is reflected in increase in yields of the studied crops: 14 % for winter wheat and 9 % for winter barley.

Key words: phytohormones, leaf treatment, wheat, barley

Authors' contribution: Gorepekin I.V. — study design, material processing, writing the manuscript; Sultanova Z.S. — material collection and processing, analysis of results, writing the manuscript; Kalnin T.G. — material collection, analysis of results; Fedotov G.N. — study design, material processing, editing of the manuscript;

Shoba S.A. — concept of the article, editing of the manuscript; Sabirova S.P. — material collection, analysis of results; Pimazarova N.P. — material collection, analysis of results. All authors approved the final version of the manuscript.

Funding. The research was carried out using funding allocated for the functioning of the Eurasian Center for Food Security of Moscow State University (Order of the Government of the Russian Federation No. 1736-r dated June 26, 2021).

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Article history: received 30 October 2025; accepted 12 March 2026.

For citation: Gorepekin IV, Sultanova ZS, Kalnin TG, Fedotov GN, Shoba SA, Sabirova SP, Pimazarova NP. The effect of 6-benzylaminopurine on productivity of winter cereals under soil salinization conditions. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2026;21(2):269–279. doi: 10.22363/2312-797X-2026-21-2-269-279. EDN: JPCDYM

Введение

Орошаемые территории Центральной Азии подвержены риску вторичного засоления, а процесс восстановления засоленных земель практически не реализуется. Анализ содержания солей в Джизакской зоне орошения за период с 1995 по 2016 г. не выявил значимых улучшений исследованных участков [1]. Средняя минерализация грунтовых вод на 75,3 % орошаемых площадей находилась в диапазоне от 1,1 до 5,0 г/л. В таких условиях поддержание стабильных урожаев осуществляется преимущественно за счет интенсивного использования удобрений. Между тем удобрение также можно считать фактором, способствующим засолению почвы [2, 3].

Гидротехнические мероприятия, направленные на промывку почвенного профиля при хорошем дренаже, являются эффективным [4, 5], но дорогостоящим приемом борьбы с засолением почв. Поэтому следует рассмотреть иной подход увеличения урожайности: повысить устойчивость сельскохозяйственных растений к негативному действию солей.

Согласно данным физиологов растений [6–12], негативное влияние засоления на растения реализуется путем подавления фотосинтетической активности, транспирации, устьичной проводимости растений, а также изменением морфологии, активности ферментов и соотношения ионов K^+ и Na^+ в растениях. Посредниками всех перечисленных процессов выступают фитогормоны растений, которые регулируют адаптацию растений к стрессовым факторам [13]. Итоговым результатом действия солевого стресса на растения является ухудшение количества и качества получаемого урожая [8].

Устойчивость сельскохозяйственных растений к негативному действию солей можно повышать двумя путями: селекцией солеустойчивых сортов и экзогенным внесением добавок, повышающих защитные реакции растений.

Подбор солеустойчивых сортов среди существующих [14, 15] и выявление генетических маркеров, ответственных за солеустойчивость [16–18], — перспективные направления исследований. Так, одним из путей их реализации является

поиск сортов, способных избегать накопления ионов Na^+ в надземных частях растения [10]. Однако селекционная работа — длительный процесс, в котором сложно ожидать появления быстрых результатов.

Второе направление — внесение добавок, смягчающих реакцию растений на солевой стресс. К таким добавкам можно отнести фитогормоны [19–26], в частности 6-бензиламинопурин — гормон группы цитокининов [19–21, 27, 28]. При солевом стрессе 6-БАП ослабляет негативные эффекты, связанные с поглощением активных форм кислорода [29], а также способствует сохранению баланса гормонов в условиях солевого стресса [19].

Результаты полевых опытов говорят о неоднозначном влиянии 6-бензиламинопурина на развитие зерновых культур при засолении почв. Так, в исследовании [30] показано, что 6-бензиламинопурин при внекорневой подкормке пшеницы способствовал повышению урожайности только в сочетании с цинком. В других исследованиях, напротив, показано, что внекорневая обработка пшеницы 6-бензиламинопурином до начала цветения повышала урожайность за счет увеличения количества фертильных цветков в базальных и центральных колосках [31]. Исследования С.А. Кузнецовой продемонстрировали улучшение вегетативного развития пшеницы при листовой обработке 6-бензиламинопурином [20]: на 18...29 % в фазе кущения и на 13...15 % в фазе молочной спелости. Между тем, подобной информации для условий орошаемых земель Узбекистана, характеризующихся различной степенью засоления, мы не обнаружили.

Кроме того, для ячменя, несмотря на исследования физиологических механизмов роли фитогормонов в устойчивости к солевому стрессу, собранные, в частности, в монографии [32], результатов полевых исследований по влиянию 6-бензиламинопурина на развитие ячменя в условиях почвенного засоления также не найдено.

Цель исследования — оценить влияние фолиарной обработки на показатели продуктивности озимых зерновых культур 6-бензиламинопурином в условиях почвенного засоления.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены на участках научно-производственного объединения «Зерно и рис» Нукусского района Республики Каракалпакстан в Республике Узбекистан в вегетационные периоды 2023–2024 и 2024–2025 гг.

Почва в районе проведения опытов орошаемая луговая аллювиальная. Содержание гумуса в почве на исследуемом поле — 0,8...1,0 %, подвижного азота — 0,28 мг/кг, подвижного P_2O_5 — 7,0 мг/кг, подвижного K_2O — 130 мг/кг. Текстуриный класс почвы по ареометрическому методу — средний суглинок. Почвы в районе исследования характеризуются хлоридно-сульфатным типом засоления с суммарным содержанием хлорид- и сульфат-ионов 0,14 %, что по методу почвенных вытяжек В.С. Муратовой и В.Ю. Маргулиса соответствует слабозасоленным почвам [33].

Сроки и нормы промывки почвы под озимые культуры в зависимости от поступления поливной воды и степени засоленности поля начинаются с августа

и заканчиваются в начале сентября. Расход воды на промывку слабозасоленной почвы участков составляет 2000...2500 м³/га. При созревании почвы вносили фосфорно-калийные удобрения РМУ-0,5 с трактором ТТЗ-80-11. Норма удобрений согласно региональной норме N₁₅₀ P₆₀ K₄₀, под вспашку вносили всю норму фосфорно-калийных удобрений, 1/3 часть азотных удобрений — под предпосевную культивацию. Вспашка участка проводилась трактором Магnum с использованием плуга ПД-4-35. Далее проводилось разравнивание краев поля установкой РВН-3/8,5 или ВП-8А, трактором Т-4А-01. Для уплотнения и разравнивания участка использовали трактор ТТЗ-60.10. Посев проводили бразильской сеялкой с шириной захвата 2 м, междурядья 12–13 см. Перед посевом семена обрабатывали препаратом «Скарлик» с расходом препарата 350 мл раствора в 150 литрах воды на 1 тонну семян. Вместе с посевом вносили суперфосфат из расчета 15 кг д.в. на гектар.

Ранневесенняя подкормка азотными удобрениями проводилась вручную равномерным разбрасыванием аммиачной селитры. В фазе кущения и начале формирования зерна проводили обработку водным раствором мочевины из расчета 30 кг/га д.в. в 400 л воды в утреннее или вечернее время моторными ручными опрыскивателями. Семена районированных сортов озимой пшеницы и озимого ячменя высевали 30 сентября на глубину 4–5 см, норма высева семян 5,0 млн всхожих семян на гектар.

В середине фазы кущения против сорных растений с учетом развития и состава сорняков после влагозарядкового полива проводили обработку против двудольных сорняков препаратами Гранстар супер, Голд Стар, Энтостар плюс с рекомендуемой нормой расхода.

В 2023–2024 г. закладывали пробный опыт по оценке влияния foliarной обработки 6-бензиламинопурином на рост и развитие озимых культур: ячменя сорта Янтарный 3 и пшеницы Каракалпакстан 100.

При проведении опытов закладывали по 6 делянок площадью 1 м².

Опыты проводили на делянках 25 м² в 4-кратной повторности каждая. Делянки располагались в шахматном порядке. Это позволяло создать чередование контрольных и опытных вариантов.

В 2023–2024 гг. вегетационный период состав для обработки растений по листу включал в себя 6-бензиламинопурин в концентрации 0,01 г/л, полиэтиленгликоль с молекулярной массой 300 у.е. в концентрации 0,3 г/л. Для повышения растворимости 6-бензиламинопурина рабочий раствор готовили в 0,05 н гидроксиде калия. Для обработки растений использовали ранцевый распылитель, начиная с фазы кущения, и проводили три опрыскивания с интервалом в 14 дней.

Определяемые показатели включали в себя: массу колосьев с м², количество семян в колосе, массу 1000 семян, среднюю массу зерна с колоса, высоту растений и длину колосьев.

В полевом сезоне 2024–2025 гг. условия проведения экспериментов были идентичны описанным ранее в контексте нормы орошения, внесения удобрений и подготовки семян к севу.

Foliarную (по листу) обработку 6-бензиламинопурином озимых культур проводили дважды. Первую обработку проводили в фазе выхода в трубку, вторую —

в фазе колошения. Делянки обрабатывали из ранцевого распылителя: водой в контроле и раствором фитогормона в опыте. Расход состава 50 литров на 100 кв. м.

Уборку проводили в фазе полной спелости при появлении внешних признаков созревания растения, зерна приобретали твердость, свойственной полному созреванию зерна. Уборка пшеницы проводилась прямым комбайнированием. Зерно мягкой озимой пшеницы и озимого ячменя после уборки очищали от примесей вручную.

Результаты исследования и обсуждение

В ходе вегетационного периода 2023–2024 г. фолиарная (листовая) обработка озимого ячменя 6-бензиламинопурином увеличила: массу зерна с квадратного метра с 414,5 до 481,5 г, или на 16 %; число зерен в колосе с 28 до 36 шт., или на 29 %; среднюю массу зерна с колоса с 1,2 до 1,6 г, т.е. на 33 % (табл. 1).

Таблица 1

Показатели продуктивности озимых зерновых культур при фолиарной обработке составом на основе 6-бензиламинопурина

Культура, сорт	Обработка	Высота растений, см	Масса зерна, г/м ²	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, штук	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 семян, г
Озимый ячмень, Янтарный 3	Нет	86,7	414,5	8,3	28,0	1,2	38,1
	Да	88	481,2	7,4	36,0	1,6	40,2
Озимая пшеница, Каракалпакстан 100	Нет	86,4	673	10,4	40,0	2,1	52,0
	Да	99,7	817,5	10,0	41,0	2,3	55,8

Источник: схема опыта разработана И.В. Горепекиным, З.С. Султановой, С.А. Шоба, Г.Н. Федотовым, проведение полевых опытов и обработка результатов – Т.Г. Калнин, Ш.П. Сабирова, Н.П. Пирназарова.

Фолиарная обработка 6-бензиламинопурином также улучшила параметры озимой пшеницы: масса зерна с квадратного метра выросла с 673 до 817,5 г, т.е. на 21 %, а средняя масса с колоса с 2,1 до 2,3 г, т.е. на 10 %.

Таким образом, положительные результаты первого этапа работы позволили продолжить проверку эффективности 6-бензиламинопурина в полевом сезоне 2024–2025 г. Для определения эффекта состава при уменьшении количества обработок растений решили сократить число опрыскиваний растений с 3 до 2.

Анализ данных вегетационных опытов 2024–2025 г. показал, что сокращение числа обработок не ухудшило показатели эффективности состава. Рассмотрим полученные результаты более подробно (табл. 2).

Таблица 2

Показатели продуктивности растений при обработке 6-бензиламинопурином в фазе полной спелости (2025 г.)

Культура, сорт	Число растений		Высота растений, см	Общая кустистость, в среднем, шт./м ²	Число продуктивных стеблей на одном растении, шт./м ²	Масса зерна с 1 м ² , г
	В начале вегетации весной, шт./ м ²	Перед уборкой, шт./ м ²				
Озимая пшеница, сорт Уткир, без обработки	327	306,0	99,7	4,0	4,0	550,8
Озимая пшеница сорт Уткир, с обработкой		318,0	92,0	4,5	4,3	628,8
Озимый ячмень сорт Янтарный 3, без обработки	342	320,0	87,8	3,0	2,9	477,2
Озимый ячмень сорт Янтарный 3, с обработкой		337,0	84,1	3,6	3,6	521,6

Источник: схема опыта разработана И.В. Горепекиным, З.С. Султановой, С.А. Шоба, Г.Н. Федотовым, проведение полевых опытов и обработка результатов – Т.Г. Калнин, Ш.П. Сабирова, Н.П. Пирназарова.

Количество растений перед уборкой на пшенице (сорт Уткир) увеличилось с 306,0 в контроле до 318,0 шт./м² при обработке. На ячмене (сорт Янтарный 3) также наблюдалась положительная динамика: число растений выросло с 320,0 до 337,0 шт./м². Это свидетельствует о том, что обработка препаратом способствовала лучшей сохранности растений к уборке.

У обеих культур обработка привела к незначительному снижению высоты растений (пшеницы с 99,7 до 92,0 см; ячменя с 87,8 до 84,1 см). Это может свидетельствовать о некотором сдерживающем эффекте на рост стебля в высоту, что иногда коррелирует с устойчивостью к полеганию.

Показатель общей кустистости пшеницы вырос с 4,0 до 4,5 шт./м², у ячменя — с 3,0 до 3,6 шт./м², т.е. обработка стимулировала процесс кущения. При этом количество стеблей, давших урожай, увеличилось пропорционально общей кустистости: на пшенице с 4,0 до 4,3 шт./м², на ячмене с 2,9 до 3,6 шт./м². Исходя из представленных данных можно заключить, что препарат не просто увеличивает кустистость, но и повышает продуктивность этих стеблей (т.е. они не остаются бесплодными).

Масса зерна с 1 м² — ключевой показатель продуктивности — у пшеницы Уткир выросла с 550,8 до 628,8 г/м², у ячменя Янтарный 3 — с 477,2 до 521. Фактически результаты опытов говорят о том, что обработка 6-бензиламинопурином (6-БАП) в фазе полной спелости привела к увеличению урожайности: на озимой пшенице прирост составил 78 г/м² (около 14,2 %), а на озимом ячмене — 44,4 г/м² (около 9,3 %).

При дополнении результатов табл. 2 показателями структуры урожая (табл. 3) можно сделать следующие выводы.

Для озимой пшеницы Уткир обработка 6-БАП оказала комплексное положительное влияние на все составляющие продуктивности колоса. Так, число зерен в колосе увеличилось с 41,0 до 43,0 шт. Средняя масса зерна с колоса продемонстрировала существенный рост с 2,4 до 3,2 г. Именно этим можно объяснить итоговую прибавку урожая (см. табл. 2). При этом масса 1000 семян выросла с 48,7 до 50,6 г, т.е. обработка способствовала наливу зерна, делая его более выполненным и тяжелым. Длина колоса также увеличилась с 7,6 до 8,8 см, что коррелирует с увеличением числа зерен в колосе.

Для озимого ячменя Янтарный 3 реакция на обработку была более специфичной. Число зерен в колосе выросло с 34,0 до 37,0 шт. (тенденция, схожая с пшеницей), так же, как и средняя масса зерна с 3,3 до 3,5 г, в то время как масса 1000 семян уменьшилась — с 41,8 до 40,3 г.

Сопоставление данных табл. 2 и 3 позволяет объяснить природу прибавки урожая.

Таблица 3

**Влияние обработки 6-бензиламинопурином
на показатели структуры урожая озимых растений (2025 г.)**

Культура, сорт	Обработка	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, средняя, г	Масса 1000 семян, г	Длина колоса, см
Озимая пшеница, Уткир	Да	43	3,2	50,6	8,8
	Нет	41,0	2,4	48,7	7,6
Озимый ячмень, Янтарный 3	Да	37,0	3,5	40,3	11,8
	Нет	34,0	3,3	41,8	11,0

Источник: схема опыта разработана И.В. Горепекиным, З.С. Султановой, С.А. Шоба, Г.Н. Федотовым, проведение полевых опытов и обработка результатов — Т.Г. Калнин, Ш.П. Сабирова, Н.П. Пирназарова.

Для пшеницы Уткир прирост урожая (+78 г/м²) обеспечили два фактора: увеличение продуктивного стеблестоя (с 4,0 до 4,3 стебля/м² (см. табл. 2)), а также повышение продуктивности каждого колоса (масса зерна с колоса выросла на 33 %: с 2,4 до 3,2 г (см. табл. 3)). Это самый значимый эффект. Увеличение массы 1000 зерен подтверждает, что зерно стало крупнее.

Для ячменя Янтарный 3 прирост урожая (+44,4 г/м²) обеспечил иной механизм: увеличение продуктивного стеблестоя сыграло решающую роль (с 2,9 до 3,6 стебля/м², т.е. прирост продуктивных стеблей составил около 24 % (см. табл. 2)). Продуктивность колоса выросла незначительно (с 3,3 до 3,5 г). Более того, масса 1000 зерен даже немного снизилась, что говорит о возможном «эффекте конкуренции»: растение сформировало больше колосьев (за счет кущения),

но зерно в них получилось чуть менее крупным, чем в контроле. Однако общая биологическая масса зерна все равно оказалась выше.

Таким образом, использование 6-бензиламинопурина может представлять собой значимый резерв для повышения урожайности в условиях орошаемых почв Республики Каракалпакстан, характеризующихся различной степенью засоления.

Заключение

Подтверждено положительное влияние листовой обработки озимой пшеницы 6-бензиламинопурином на показатели структуры урожая и его величину. В полевых опытах урожайность с учетных площадей увеличилась на 14 %.

Впервые показано положительное влияние листовой обработки озимого ячменя 6-бензиламинопурином на показатели структуры урожая и его величину. В полевых опытах урожайность с учетных площадей увеличилась на 9 %.

Обработка 6-бензиламинопурином оказалась эффективной для обеих культур, но механизм действия на изученные озимые различался. Для пшеницы Уткир препарат выступает мощным стимулятором продуктивности колоса (увеличил озерненность, массу 1000 зерен и длину колоса), что дает максимальную прибавку урожая. Для ячменя Янтарный 3 обработка сработала преимущественно как стимулятор продуктивного кущения (увеличила количество стеблей, несущих урожай), тогда как показатели самого колоса изменились менее значительно, а выполненность зерна (масса 1000) даже немного снизилась.

Список литературы

1. Kulmatov R, Mirzaev J, Abuduwalli J, Karimov B. Challenges for the sustainable use of water and land resources under a changing climate and increasing salinization in the Jizzakh irrigation zone of Uzbekistan. *Journal of Arid Land*. 2020;12(1):90–103. doi: 10.1007/s40333-020-0092-8 EDN: ARTTXR
2. Трапезников В.К., Иванов И.И., Тальвинская Н.Г., Анохина Н.Л. Реакция сортов яровой пшеницы на локальный солевой стресс // *Агрохимия*. 2002. № 11. С. 13–21. EDN: XWGNFZ
3. Khasanov S, Kulmatov R, Li F, van Amstel A, Bartholomeus H, Aslanov I, et al. Impact assessment of soil salinity on crop production in Uzbekistan and its global significance. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2023;342:108262. doi: 10.1016/j.agee.2022.108262 EDN: RSKIWS
4. Панкова Е.И. Засоление орошаемых почв среднеазиатского региона: старые и новые проблемы // *Аридные экосистемы*. 2016. Т. 22. № 4 (69). С. 21–29. EDN: WYBNSB
5. Vargas R, Pankova E, Balyuk S, Krasilnikov P, Khasankhanova G, editors. *Handbook for saline soil management*. Rome: FAO; 2018. EDN: YLNVOX
6. Egamberdieva D, Wirth S, Abd_Allah EF. Plant hormones as key regulators in plant-microbe interactions under salt stress. In: *Plant microbiome: stress response*. Singapore: Springer Singapore; 2018. p. 165–182.
7. Abdelrady WA, Ma Z, Elshawy EE, Wang L, Askri SMH, Ibrahim Z, et al. Physiological and biochemical mechanisms of salt tolerance in barley under salinity stress. *Plant Stress*. 2024;11:100403. doi: 10.1016/j.stress.2024.100403 EDN: BIVIVL
8. El Sabagh A, Islam MS, Skalicky M, Ali Raza M, Singh K, Anwar Hossain M, et al. Salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) in the changing climate: adaptation and management strategies. *Frontiers in Agronomy*. 2021;3:661932. doi: 10.3389/fagro.2021.661932 EDN: PMCOOM
9. Farooq M, Zahra N, Ullah A, Nadeem F, Rehman A, Kapoor R, et al. Salt stress in wheat: effects, tolerance mechanisms, and management. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2024;24(4):8151–8173. doi: 10.1007/s42729-024-02104-1 EDN: ZWPTCP

10. Mahlooji M, Seyed Sharifi R, Razmjoo J, Sabzalian MR, Sedghi M. Effect of salt stress on photosynthesis and physiological parameters of three contrasting barley genotypes. *Photosynthetica*. 2018;56(2):549–556. doi: 10.1007/s11099-017-0699-y EDN: YMIUZV
11. Mandhanian S, Madan S, Sawhney V. Antioxidant defense mechanism under salt stress in wheat seedlings. *Biologia Plantarum*. 2006;50(2):227–231.
12. Nassar RMA, Kamel HA, Ghoniem AE, Alarcón JJ, Sekara A, Ulrichs C, Abdelhamid MT. Physiological and anatomical mechanisms in wheat to cope with salt stress induced by seawater. *Plants*. 2020;9(2):237. doi: 10.3390/plants9020237 EDN: TNHOIE
13. Yu Z, Duan X, Luo L, Dai S, Ding Z, Xia G. How plant hormones mediate salt stress responses. *Trends in Plant Science*. 2020;25(11):1117–1130. doi: 10.1016/j.tplants.2020.06.008 EDN: FJTJES
14. Кононенко Н.В., Диловарова Т.А., Канавский Р.В., Лебедев С.В., Баранова Е.Н., Федореева Л.И. Оценка морфологических и биохимических параметров устойчивости различных генотипов пшеницы к хлоридному засолению // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 1. С. 18–39. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-1-18-39 EDN: BABIAD
15. Сандухадзе Б.И., Марченкова Л.А., Рыбакова М.И., Воейкова А.А., Чавдарь Р.Ф. Реакция сортов озимой пшеницы на искусственно создаваемые стрессы для оценки их адаптивности на ранних этапах онтогенеза // Агрохимический вестник. 2015. № 3. С. 27–30. EDN: TYJCZP
16. Dadshani S, Sharma RC, Baum M, Ogbonnaya FC, Leon J, Ballvora A. Multi-dimensional evaluation of response to salt stress in wheat. *PLoS One*. 2019;14(9):e0222659. doi: 10.1371/journal.pone.0222659 EDN: UICXQD
17. Saddiq MS, Iqbal S, Hafeez MB, Ibrahim AM, Raza A, Fatima EM, et al. Effect of salinity stress on physiological changes in winter and spring wheat. *Agronomy*. 2021;11(6):1193. doi: 10.3390/agronomy11061193 EDN: HFVXPK
18. Thabet SG, Alomari DZ, Alqudah AM. Exploring natural diversity reveals alleles to enhance antioxidant system in barley under salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2021;166:789–798. doi: 10.1016/j.plaphy.2021.06.030 EDN: LJHOL
19. Авальбаев А.М., Юлдашев Р.А., Сафутдинова Ю.В., Аллагулова Ч.Р., Фатхутдинова Р.А., Шакирова Ф.М. Влияние 6-бензиламинопурина на рост и гормональную систему проростков пшеницы в условиях солевого стресса // Агрохимия. 2010. № 9. С. 60–65. EDN: MUGUGP
20. Кузнецова С.А. Особенности гормональной адаптации и изменение физиологических процессов пшеницы в условиях засоления NaCl : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2006. 25 с. EDN: NOKJOT
21. Кузнецова С.А., Климачев Д.А., Якушкина Н.И. Изменение гормонального баланса пшеницы в зависимости от условий засоления NaCl и экзогенной обработки цитокининами // Агрохимия. 2005. № 8. С. 29–33. EDN: HSCPOX
22. Шевякова Н.И., Мусатенко Л.И., Стеценко Л.А., Ракитин В.Ю., Веденичева Н.П., Кузнецов В.В. Влияние АБК на содержание пролина, полиаминов и цитокининов в растениях хрустальной травки при солевом стрессе // Физиология растений. 2013. Т. 60. № 6. С. 784–784. doi: 10.7868/S0015330313060122 EDN: RCGLNP
23. Fahad S, Hussain S, Matloob A, Khan FA, Khaliq A, Saud S, et al. Phytohormones and plant responses to salinity stress: a review. *Plant Growth Regulation*. 2015;75(2):391–404. doi: 10.1007/s10725-014-0013-y EDN: VGWMUR
24. Javid MG, Sorooshzadeh A, Moradi F, Modarres Sanavy SAM, Allahdadi I. The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. *Australian Journal of Crop Science*. 2011;5(6):726–734. EDN: OLUETL
25. Sá FVS, Brito ME, Silva LDA, Moreira RC, Paiva EPD, Souto LS. Exogenous application of phytohormones mitigates the effect of salt stress on *Carica papaya* plants. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2020;24:170–175. doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v24n3p170-175 EDN: RWKHNU
26. Tabur S, Demir K. Role of some growth regulators on cytogenetic activity of barley under salt stress. *Plant Growth Regulation*. 2010;60(2):99–104. doi: 10.1007/s10725-009-9424-6 EDN: MZMMFD
27. Li Z, Pei X, Yin S, Lang X, Zhao X, Qu GZ. Plant hormone treatments to alleviate the effects of salt stress on germination of *Betula platyphylla* seeds. *Journal of Forestry Research*. 2019;30(3):779–787. doi: 10.1007/s11676-018-0661-2 EDN: VRHRMJ
28. Liu J, Meng F, Jiang A, Hou X, Liu Q, Fan H, Chen M. Exogenous 6-BA enhances salt tolerance of *Limonium bicolor* by increasing the number of salt glands. *Plant Cell Reports*. 2024;43(1):12. doi: 10.1007/s00299-023-03104-8 EDN: LSACMU

29. Ma X, Zhang J, Huang B. Cytokinin-mitigation of salt-induced leaf senescence in perennial ryegrass involving the activation of antioxidant systems and ionic balance. *Environmental and Experimental Botany*. 2016;125:1–11.
30. Zarea MJ, Karimi N. Grain yield and quality of wheat are improved through post-flowering foliar application of zinc and 6-benzylaminopurine under water deficit condition. *Frontiers in Plant Science*. 2023;13:1068649.
31. Zheng C, Zhu Y, Wang C, Guo T. Wheat grain yield increase in response to pre-anthesis foliar application of 6-benzylaminopurine is dependent on floret development. *PLoS One*. 2016;11(6):e0156627. doi: 10.1371/journal.pone.0156627
32. Akhtar MS. *Salt stress, microbes, and plant interactions: mechanisms and molecular approaches*. Singapore: Springer Singapore; 2019.
33. Засоленные почвы России : монография / под ред. Л.Л. Шишков, Е.И. Панкова. М. : Академкнига, 2006. 854 с.

Об авторах:

Горепекин Иван Владимирович — кандидат биологических наук, научный сотрудник кафедры географии почв факультета почвоведения, научный сотрудник Евразийского центра по продовольственной безопасности, МГУ имени М.В. Ломоносова, Российская Федерация, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12; e-mail: decembrist96@yandex.ru

ORCID: 0009-0000-1016-1906 SPIN-код: 1761-6603

Султанова Зулфия Султановна — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, кафедра технологии производства, хранения и переработки сельскохозяйственной и лекарственной продукции, Каракалпакский институт сельского хозяйства и агротехнологий, Республика Узбекистан, 230100, г. Нукус, ул. Дарбент, д. 140/1; e-mail: z_sultanova@yahoo.com

ORCID: 0000-0001-9273-026X

Калнин Тимофей Геннадьевич — кандидат биологических наук, младший научный сотрудник кафедры физики почв факультета почвоведения, научный сотрудник Евразийского центра по продовольственной безопасности, МГУ имени М.В. Ломоносова, Российская Федерация, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12; e-mail: kalnintg@my.msu.ru

ORCID: 0000-0001-5063-4624 SPIN-код: 6323-4325

Федотов Геннадий Николаевич — доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник кафедры географии почв факультета почвоведения, МГУ имени М.В. Ломоносова, Российская Федерация, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12; e-mail: gennadiy.fedotov@gmail.com

ORCID: 0000-0001-8910-3433 SPIN-код: 1451-7807

Шоба Сергей Алексеевич — доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой географии почв факультета почвоведения, директор Евразийского центра по продовольственной безопасности, МГУ имени М.В. Ломоносова, Российская Федерация, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12; e-mail: office@ecfs.msu.ru

ORCID: 0000-0001-9889-5831 SPIN-код: 8978-1851

Сабирова Шахноза Памировна — докторант кафедры растениеводства, лесоводства и ландшафтного дизайна, Каракалпакский институт сельского хозяйства и агротехнологий, Республика Узбекистан, 230100, г. Нукус, ул. Дарбент, д. 140/1; e-mail: sahnozasabirova6@gmail.com

ORCID: 0009-0004-7163-7153

Пирназарова Нигора Пулатовна — докторант кафедры растениеводства, лесоводства и ландшафтного дизайна, Каракалпакский институт сельского хозяйства и агротехнологий, Республика Узбекистан, 230100, Нукус, ул. Дарбент, д. 140/1; e-mail: pirnazarova@tdaunukus.uz

ORCID: 0009-0006-4686-9889