

УДК 661.162.6;581.144;633.11
doi: 10.21685/2307-9150-2024-1-7

Роль препаратов Силипланта, Эпин-экстра и Циркона в формировании ассимиляционного аппарата проростков яровой пшеницы в зависимости от условий водообеспечения

М. Анка¹, И. И. Серегина²

^{1,2}Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия

¹mayaaanka12@gmail.com, ²seregina.i@inbox.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* В настоящее время применение препаратов различного происхождения является одним из перспективных приемов повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Применение различных биопрепаратов позволяет активизировать физиолого-биохимические процессы растений. Это способствует стимулированию ростовых процессов на ранних этапах их развития растений и реализации адаптивных способностей растений в стрессовых условиях. *Материалы и методы.* Объектом исследований являлась яровая пшеница сорта Злата. Растения выращивали в сосудах Митчерлиха емкостью 500 г почвы. В опытах моделировали оптимальные условия водообеспечения и краткосрочную засуху. Изучаемые препараты вносили путем обработки семян перед посевом. *Результаты.* Показана роль удобрения Силиплант и регуляторов роста Эпин-экстра и Циркон в формировании ассимиляционной поверхности растений яровой пшеницы на ранних этапах развития. Изучаемые препараты в условиях оптимального водообеспечения способствовали увеличению накопления массы растений и площади ассимиляционной поверхности. *Выводы.* Показано, что удобрение Силиплант проявило положительное действие на формирование ассимиляционной поверхности растений пшеницы в оптимальных условиях выращивания и при засухе. Регуляторы роста Эпин-экстра и Циркон в условиях краткосрочной засухи активировали механизмы реализации адаптивных способностей растений яровой пшеницы.

Ключевые слова: Силиплант, Эпин-экстра, Циркон, яровая пшеница, ассимиляционная поверхность растений, масса растений

Финансирование: статья подготовлена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в соответствии с соглашением № 075-15-2020-905 от 16 ноября 2020 г. о предоставлении гранта в виде субсидии из Федерального бюджета Российской Федерации. Грант предоставлен для государственной поддержки создания и развития Научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего».

Для цитирования: Анка М., Серегина И. И. Роль препаратов Силипланта, Эпин-экстра и Циркона в формировании ассимиляционного аппарата проростков яровой пшеницы в зависимости от условий водообеспечения // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2024. № 1. С. 72–81. doi: 10.21685/2307-9150-2024-1-7

The role of Siliplant, Epin-extra and Zircon preparations in the formation of the assimilation apparatus of spring wheat seedlings depending on water supply conditions

M. Anka¹, I.I. Seregina²

© Анка М., Серегина И. И., 2024. Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 License / This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

^{1,2}Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy
named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

¹mayaanka12@gmail.com, ²seregina.i@inbox.ru

Abstract. *Background.* Currently, the use of drugs of various origins is one of the promising methods for increasing crop yields. The use of various biological products makes it possible to activate the physiological and biochemical processes of plants. This helps stimulate growth processes in the early stages of plant development and realize the adaptive abilities of plants under stressful conditions. *Materials and methods.* The object of research was spring wheat of the Zlata variety. Plants were grown in Mitscherlich vessels with a capacity of 500 g of soil. The experiments simulated optimal water supply conditions and short-term drought. The studied drugs were applied by treating the seeds before sowing. *Results.* The role of the Siliplant fertilizer and the growth regulators Epin-extra and Zircon in the formation of the assimilation surface of spring wheat plants in the early stages of development is shown. The studied preparations under conditions of optimal water supply contributed to an increase in the accumulation of plant mass and assimilation surface area. *Conclusions.* It was shown that the Siliplant fertilizer showed a positive effect on the formation of the assimilation surface of wheat plants under optimal growing conditions and during drought. The growth regulators Epin-extra and Zircon, under short-term drought conditions, activated the mechanisms for realizing the adaptive abilities of spring wheat plants.

Keywords: Siliplant, Epin-extra, Zircon, spring wheat, assimilation surface of plants, plant mass

Financing: the work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation in accordance with the agreement No. 075-15-2020-905 from November 16, 2020 on the provision of a grant in the form of a subsidy from the Federal budget of the Russian Federation. The grant was provided for government support for the creation and development of the world-class Scientific Center “Agricultural Technologies of the Future”.

For citation: Anka M., Seregina I.I. The role of Siliplant, Epin-extra and Zircon preparations in the formation of the assimilation apparatus of spring wheat seedlings depending on water supply conditions. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* = *University proceedings. Volga region. Natural sciences*. 2024;(1):72–81. (In Russ.). doi: 10.21685/2307-9150-2024-1-7

Введение

Использование регуляторов роста растений является одним из важнейших методов и перспективных технологий в области современного сельского хозяйства и интенсификации сельскохозяйственного производства в условиях неустойчивого водообеспечения сельскохозяйственных территорий. Для оптимизации роста растений применяют различные препараты, в том числе содержащие макро- и микроэлементы, а также физиологически активные вещества [1, 2].

Обработка растений регуляторами роста в крайне малых концентрациях совместно с препаратами, содержащими основные макро- и микроэлементы, позволяет создать благоприятные растения для реализации растениями потенциальных возможностей. Регуляторы роста растений обеспечивают эндогенную стимуляцию или ингибирование различных ферментных систем, в результате чего происходят изменения интенсивности метаболических процессов, что позволяет регулировать рост и развитие растений, их устойчивость к различным стрессовым факторам внешней среды, различным патогенам и, как следствие, привести к увеличению урожайности и продуктивности растений. Регуляторы роста применяют в основном в виде диспергаторов и растворов, которыми опрыскивают растения в вегетативной стадии или обрабатывают ими семена,

очень редко – путем внесения в почвенный слой [3–11]. В современных условиях сельскохозяйственного производства продукции растениеводства для получения высокого урожая зерновых культур необходимо применять биологические стимуляторы роста растений. Применение таких стимуляторов путем внесения на листовую поверхность дает возможность снижения потерь действующего вещества. С другой стороны, регуляторы роста растений в виде внекорневых подкормок начинают действовать в более короткий срок по сравнению с другими способами их внесения [2, 12].

В условиях оптимального минерального питания эффективность применяемых регуляторов роста значительно возрастает. В связи с этим возникает необходимость изучения роли различных препаратов в регулировании ростовых процессов, повышении устойчивости посевов к засухе, резким колебаниям температуры и влажности среды [1, 13, 14].

Целью нашего исследования было изучение влияния препаратов различного состава на ростовые процессы и формирование ассимиляционного аппарата растений яровой пшеницы на ранних этапах развития в зависимости от условий водообеспечения. В задачи исследований входило изучение влияния удобрения Силиплант и регуляторов роста Эпин-экстра и Циркон на накопление биомассы растений яровой пшеницы сорта Злата, а также площадь ассимиляционной поверхности растений яровой пшеницы на ранних этапах развития.

Материалы и методы

Для решения поставленных задач был проведен лабораторный краткосрочный опыт с растениями яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Злата (ФИЦ «Немчиновка»). Исследования проводили на кафедре агрономической, биологической химии и радиологии ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева. Растения яровой пшеницы выращивали в условиях почвенной культуры в сосудах Митчерлиха вместимостью 500 г почвы. Исследования проводили по общепринятым методикам [15]. Почва, которую использовали в исследованиях, характеризовалась как окультуренная дерново-неглубоко-подзолистая, профильно-глееватая глубокопахотная и легкосуглинистая. Агрохимическая характеристика почвы: содержание гумуса – 1,9 %, pH_{KCl} – 5,7; гидролитическая кислотность – 1,8 мг-экв/100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 13,0 мг-экв/100 г почвы, содержание подвижных форм фосфора – 276 мг/кг почвы (VI класс по методу Кирсанова), содержание подвижных форм калия – 112 мг/кг почвы (III класс по методу Кирсанова).

В исследованиях изучали препарат Силиплант, который зарегистрирован как удобрение, поскольку в состав действующего вещества входит кремний, калий и ряд микроэлементов в хелатной форме [16]. Также в исследованиях изучали препарат Эпин-экстра, действующим веществом которого является 24-эпибрассинолида [17, 18], и Циркон, представляющий собой смесь гидросикоричных кислот [19].

В исследованиях моделировали различные условия водообеспечения. Создавали оптимальные условия полива и засуху при достижении растениями фазы кущения. Длительность засухи продолжалась 3 дня, после чего опыт прекращался.

Условия минерального питания создавали путем внесения аммонийной селитры (NH_4NO_3 – 35 % д.в.) в дозе из расчета 100 мг на 1 кг почвы.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием дисперсионного метода [15].

Результаты и обсуждение

Фотосинтетическая деятельность растений в посевах в большей степени определяется размерами и эффективностью работы листовой поверхности [20]. Площадь ассимиляционной поверхности растений яровой пшеницы – генетически детерминированный признак, существенно модифицируемый условиями произрастания, и характеризует состояние фотосинтетической активности [21]. Как правило, существует положительная связь между площадью ассимиляционной поверхности пшеницы, динамикой ее нарастания и урожайностью, что отмечают в различных исследованиях [20, 21].

Результаты исследований по изучению влияния удобрения Силиплант и регуляторов роста Эпин-экстра и Циркон на накопление биомассы и площадь ассимиляционной поверхности растений яровой пшеницы сорта Злата в лабораторных условиях представлены на рис. 1–3.

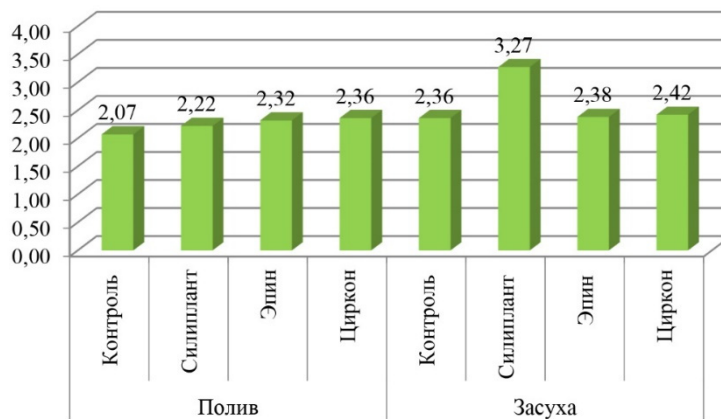


Рис. 1. Влияние удобрения Силиплант и регуляторов роста Эпин-экстра и Циркон на накопление биомассы (г/растение) растениями яровой пшеницы сорта Злата в зависимости условий водообеспечения (HCP_{05} (полив) – 0,11 г./растение; HCP_{05} (засуха) – 0,13 г/растение)

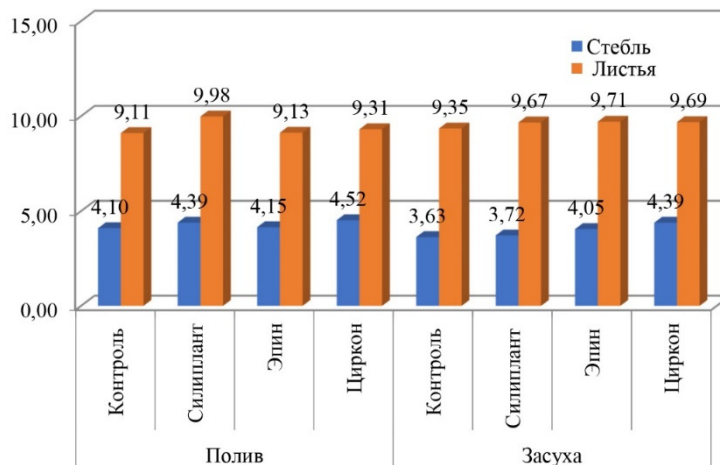


Рис. 2. Влияние удобрения Силиплант и регуляторов роста Эпин-экстра и Циркон на площадь ассимиляционной поверхности стеблей и листьев (см²) яровой пшеницы (HCP_{05} (полив) стебли – 0,21 см², листья – 0,32 см²; HCP_{05} (засуха) стебли – 0,20 см², листья – 0,48 см²)

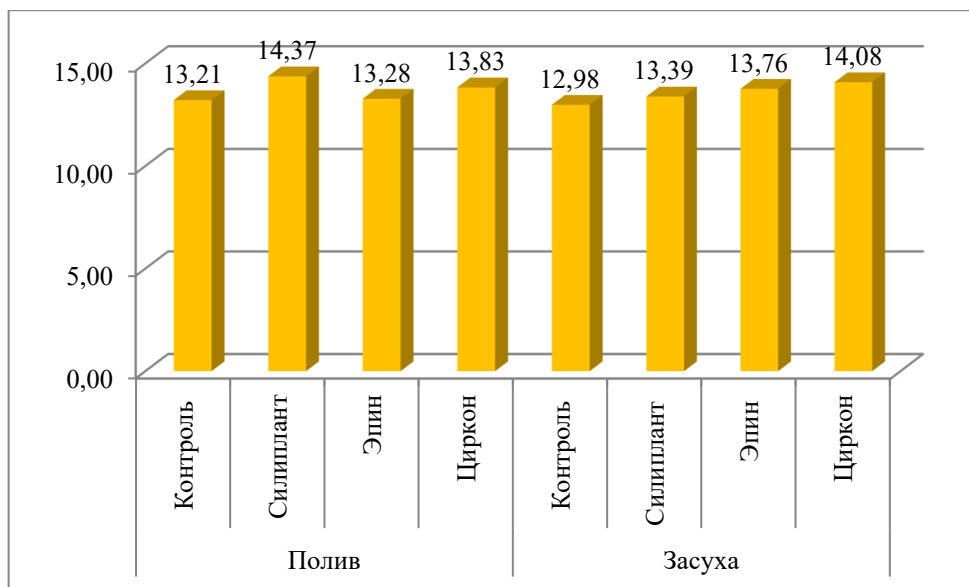


Рис. 3. Влияние удобрения Силиплант и регуляторов роста Эпин-экстра и Циркон на общую площадь ассимиляционной поверхности (cm^2) растений яровой пшеницы в зависимости от условий водообеспечения (НСР_{05} (полив) – $0,69 \text{ cm}^2$; НСР_{05} (засуха) – $0,67 \text{ cm}^2$)

Было установлено, что масса растения увеличивалась во всех вариантах опыта (как при оптимальном водообеспечении, так и при засухе) по сравнению с контролем (рис. 1). При оптимальном водообеспечении изменения массы растений при применении удобрения Силиплант и регуляторов роста Эпин-экстра и Циркон были достоверные при НСР_{05} (полив) – $0,11 \text{ г/растение}$. В то время как при засухе достоверные различия были получены только в условиях применения удобрения Силиплант, при НСР_{05} (засуха) – $0,13 \text{ г/растение}$. При использовании регуляторов роста проявлялись незначительные изменения массы растений, что также подтверждается НСР . Увеличение массы растений при использовании удобрения Силиплант составило 39 % по сравнению с контролем без использования удобрения. Максимальная эффективность действия удобрения Силиплант обусловлена его действующим веществом, которое представлено наличием кремния, калия и микроэлементов в хелатной форме.

Основным показателем, характеризующим состояние посевов относительно фотосинтетической деятельности, является развитие листовой поверхности. Площадь ассимиляционной поверхности листьев растений положительно коррелирует с их продуктивностью. В связи с этим следует обратить внимание на развитие фотосинтетического аппарата растений и особенно на величину листьев [21].

Изучая показатели площади ассимиляционной поверхности стеблей и листьев (рис. 2), а также надземной части растений (рис. 3) яровой пшеницы под влиянием удобрения Силиплант и регуляторов роста Эпин-экстра и Циркон, было установлено их положительное действие как при оптимальном, так и при недостаточном водообеспечении. В то же время следует отметить, что эффективность действия препаратов зависела от их действующего вещества и

отзывчивости растения в данных условиях выращивания. Показано, что в оптимальных условиях выращивания наиболее эффективное достоверное действие на нарастание ассимиляционной поверхности стеблей проявили удобрения Силиплант (7 % по сравнению с контролем) и препарат Циркон (10 % по сравнению с контролем) при $НСР_{05} = 0,21$ г/растение. Нарастание ассимиляционной поверхности листьев выявлено только при использовании обработки семян препаратом Силиплант и составило 10 % по сравнению с контролем (при $НСР_{05} = 0,20$ г/растение). Это привело к росту площади ассимиляционной поверхности надземной массы растений при использовании удобрения Силиплант. Прибавка составила 9 % по сравнению с контролем (при $НСР_{05} = 0,69$ г/растение).

В условиях краткосрочной почвенной засухи в фазу кущения получена иная закономерность. Наибольшее действие оказал препарат Циркон, что вероятно обусловлено антиоксидантными свойствами действующего вещества – смеси гидроксикоричных кислот. Выявлено увеличение площади ассимиляционной поверхности стеблей растений 21 % по сравнению с контролем (при $НСР_{05} = 0,20$ г/растение) и надземной части растений – 6 % (при $НСР_{05} = 0,67$ г/растение). Препарат Эпин-экстра также оказал положительное влияние на увеличение фотосинтетической поверхности растений. Так, при использовании обработки семян препаратом Эпин-экстра увеличение площади ассимиляционной поверхности стеблей составило 12 % по сравнению с контролем (при $НСР_{05} = 0,20$ г/растение), надземной части растений – 8 % (при $НСР_{05} = 0,67$ г/растение). Следует отметить, что действие удобрения Силиплант проявилось только на накоплении массы растений, при этом изменения ассимиляционной поверхности растений не выявлено. Эти данные свидетельствуют об увеличении фотосинтетической активности растений пшеницы в результате усиления активного нарастания массы растений на единицу ассимиляционной поверхности, что является одним из механизмов адаптации растений к стрессовому воздействию засухи. В данных условиях выращивания выявлена тенденция нарастания площади ассимиляционной поверхности листьев при использовании обработки семян препаратами по сравнению с контролем. Это может быть обусловлено торможением процессов нарастания листовой поверхности, что также является проявлением механизмов снижения негативного действия засухи.

Заключение

Результаты исследований позволили сравнить действие обработки семян удобрением Силиплант и регуляторами роста Эпин-экстра и Циркон на фотосинтетическую активность растений и нарастание массы пшеницы при оптимальном водообеспечении и при действии краткосрочной почвенной засухи. Выявлено наибольшее достоверное действие удобрения Силиплант как при оптимальных, так и при дефицитных условиях водообеспечения. В условиях засухи действие удобрения Силиплант проявилась в стимулировании фотосинтетической активности растений, что, вероятно, обусловлено составом действующего вещества. Действие препаратов Циркон и Эпин-экстра в условиях засухи проявилось в увеличении площади ассимиляционной поверхности стеблей и уменьшении скорости нарастания площади ассимиляционной поверхности листьев. Таким образом, регуляторы роста Эпин-экстра и Циркон

активизируют механизмы реализации адаптивных способностей растений в стрессовых условиях выращивания.

Список литературы

1. Балакшина В. И., Диканев Г. П., Устименко Н. И., Шевяхова Е. А. Использование регуляторов роста при выращивании сельскохозяйственных культур // Научно-агрономический журнал. 2008. № 2 (83). С. 14–18.
2. Серегина И. И. Цинк, селен и регуляторы роста. М. : Проспект, 2018. 208 с.
3. Ткачук О. А., Павликова Е. В., Орлов А. Н. Эффективность применения регуляторов роста при возделывании яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья // Молодой ученый. 2013. № 4. С. 677–679.
4. Базильжанов Е. К., Кантарбаева А. Д. Влияние регуляторов роста растений на продуктивность и качество яровой пшеницы на южных черноземах Акмолинской области // Молодой ученый. 2016. № 11. С. 579–582.
5. Карпова Г. А., Миронова М. Е. Оптимизация продукционного процесса агроценозов яровой пшеницы и ячменя при использовании регуляторов роста // Нива Поволжья. 2009. № 1. С. 8–13.
6. Гамзаева Р. С. Влияние регуляторов роста на физиолого-биохимические показатели и продуктивность ярового ячменя // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (46). С. 75–79.
7. Карпова Г. А., Карпова Л. В., Фролова Е. Ю. Активация ранних ростовых процессов семян под действием регуляторов роста как фактор повышения полевой всхожести и урожайности яровой пшеницы // Нива Поволжья. 2016. № 1 (38). С. 29–35.
8. Деева В. П., Веденеев А. Н., Пономаренко С. П. Рекомендации по применению регуляторов роста растений в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. Минск, 2005. 23 с.
9. Серегина И. И., Новиков Н. Н., Анка М. Эффективность действия циркона на устойчивость различных сортов яровой пшеницы в стрессовых условиях выращивания // Актуальные вопросы агроинженерных и агрономических наук. 2021. С. 221–227.
10. Анка М., Серегина И. И. Активность изоформ пероксидаз в зерне яровой пшеницы под влиянием регуляторов роста // Сборник научных трудов III Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Красноярск, 2022. С. 318–324.
11. Серегина И. И., Анка М., Новиков Н. Н. [и др.]. Влияние регуляторов роста на активность амилалитических ферментов в зерне яровой пшеницы // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2022. № 4 (40). С. 24–35.
12. Якушкина Н. И., Сивцова А. М., Тарасенко А. А. Совещание по программе «Регуляторы роста растений» : тез. докл. М., 2011. 24 с.
13. Петрова Л. Н. Влияние регуляторов роста на развитие и продуктивность растений. М. : СНИИСКХ, 2010. 104 с.
14. Черников В. А., Алексахин Р. М., Голубев А. В. [и др.]. Агроэкология / под ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса. М. : Колос, 2000. 536 с.
15. Кобзаренко В. И., Волобуева В. Ф., Серегина И. И., Ромодина Л. В. Агрохимические методы исследований. М. : Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. 309 с.
16. Кшникаткина А. Н., Дорожкина Л. А. Применение силипланта в технологии возделывания зерновых и кормовых культур // Агрохимический вестник. 2014. № 5. С. 41–44.
17. Прусакова Л. Д., Чижова С. И. Применение брассиностероидов в экстремальных условиях // Агрохимия. 2005. № 7. С. 87–94.

18. Kagale S., Divi U. K., Krochko J. E. [et al.]. Brassinosteroid confers tolerance in *Arabidopsis thaliana* and *Brassica napus* to a range of abiotic stress // *Planta*. 2007. Vol. 225. P. 353–364.
19. Добрева Н. И. Агроэкологическая оценка применения удобрения силиплант и регулятора роста Циркон в смеси с пестицидами при возделывании ячменя : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. : ВНИИА, 2015. 27 с.
20. Никифорова И. Ю., Фадеева А. Н., Петрякова Н. В. Показатели фотосинтетической деятельности посевов проса посевного по группам спелости // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2018. № 2 (26). С. 46–52.
21. Стрижкова Ф. М., Ожогина Л. В. Формирование площади ассимиляционной поверхности сортами яровой пшеницы // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2005. № 4 (20). С. 16–19.

References

1. Balakshina V.I., Dikanov G.P., Ustimenko N.I., Shevyakhova E.A. The use of growth regulators in growing crops. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal* = Scientific and agronomic journal. 2008;(2):14–18. (In Russ.)
2. Seregina I.I. *Tsink, selen i regulatory rosta* = Zinc, selenium and growth regulators. Moscow: Prospekt, 2018:208. (In Russ.)
3. Tkachuk O.A., Pavlikova E.V., Orlov A.N. An efficiency of using growth regulators when cultivating spring wheat in the forest-steppe zone of the Middle Volga region. *Molodoy uchenyy* = Young scientist. 2013;(4):677–679. (In Russ.)
4. Bazil'zhanov E.K., Kantarbaeva A.D. The influence of plant growth regulators on the productivity and quality of spring wheat on the southern chernozems of the Akmola region. *Molodoy uchenyy* = Young scientist. 2016;(11):579–582. (In Russ.)
5. Karpova G.A., Mironova M.E. Optimization of the production process of agroecosystems of spring wheat and barley using growth regulators. *Niva Povolzh'ya* = Niva of the Volga region. 2009;(1):8–13. (In Russ.)
6. Gamzaeva R.S. The influence of growth regulators on the physiological and biochemical parameters and productivity of spring barley. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Proceedings of Saint Petersburg State Agrarian University. 2017;(1):75–79. (In Russ.)
7. Karpova G.A., Karpova L.V., Frolova E.Yu. Activation of early growth processes of seeds under the influence of growth regulators as a factor in increasing field germination and yield of spring wheat. *Niva Povolzh'ya* = Niva of the Volga region. 2016;(1):29–35. (In Russ.)
8. Deeva V.P., Vedenev A.N., Ponomarenko S.P. *Rekomendatsii po primeneniyu regulyatorov rosta rasteniy v intensivnykh tekhnologiyakh vozdeleyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* = Recommendations for the use of plant growth regulators in intensive crop cultivation technologies. Minsk, 2005:23. (In Russ.)
9. Seregina I.I., Novikov N.N., Anka M. The effectiveness of zircon on the resistance of various varieties of spring wheat under stressful growing conditions. *Aktual'nye voprosy agroinzhenernykh i agronomicheskikh nauk* = Current issues of agroengineering and agronomic sciences. 2021:221–227. (In Russ.)
10. Anka M., Seregina I.I. Activity of peroxidase isoforms in spring wheat grain under the influence of growth regulators. *Sbornik nauchnykh trudov III Vseros. nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem* = Proceedings of the 3rd All-Russian scientific conference with international participation. Krasnoyarsk, 2022:318–324. (In Russ.)
11. Seregina I.I., Anka M., Novikov N.N. et al. The influence of growth regulators on the activity of amylolytic enzymes in spring wheat grain. *Izvestiya vysshikh uchebnykh*

- zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennyye nauki* = University proceedings. Volga region. Natural sciences. 2022;(4):24–35. (In Russ.)
12. Yakushkina N.I., Sivtsova A.M., Tarasenko A.A. *Soveshchanie po programme «Regulyatory rosta rasteniy»: tez. dokl.* = Meeting on the program “Plant growth regulators”: abstracts of reports. Moscow, 2011:24. (In Russ.)
 13. Petrova L.N. *Vliyanie regulyatorov rosta na razvitie i produktivnost' rasteniy* = The influence of growth regulators on the development and productivity of plants. Moscow: SNIISKh, 2010:104. (In Russ.)
 14. Chernikov V.A., Aleksakhin R.M., Golubev A.V. et al. *Agroekologiya* = ФПКШУС-ЩЩЩПН. Ed. by V.A. Chernikov, A.I. Chekeres. Moscow: Kolos, 2000:536. (In Russ.)
 15. Kobzareno V.I., Volobueva V.F., Seregina I.I., Romodina L.V. *Agrokhimicheskie metody issledovaniy* = Agrochemical research methods. Moscow: Izd-vo RGAU-MSKhA, 2015:309. (In Russ.)
 16. Kshnikatkina A.N., Dorozhkina L.A. Application of siliplant in the technology of cultivation of grain and fodder crops. *Agrokhimicheskiy vestnik* = Agrochemical bulletin . 2014;(5):41–44. (In Russ.)
 17. Prusakova L.D., Chizhova S.I. The use of brassinosteroids in extreme conditions. *Agrokhiimiya* = Agrochemistry. 2005;(7):87–94. (In Russ.)
 18. Kagale S., Divi U.K., Krochko J.E. et al. Brassinosteroid confers tolerance in *Arabidopsis thaliana* and *Brassica napus* to a range of abiotic stress. *Planta*. 2007;225:353–364.
 19. Dobrev N.I. *Agroecological assessment of the use of Siliplant fertilizer and growth regulator Zircon mixed with pesticides when cultivating barley*. PhD abstract. Moscow: VNIIA, 2015:27. (In Russ.)
 20. Nikiforova I.Yu., Fadeeva A.N., Petryakova N.V. Indicators of photosynthetic activity of millet crops by ripeness groups. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* = Leguminous and cereal crops. 2018;(2):46–52. (In Russ.)
 21. Strizhkova F.M., Ozhogina L.V. Formation of assimilation surface area by spring wheat varieties. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of Altay State Agrarian University. 2005;(4):16–19. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Майя Анка

аспирант,
Российский государственный
аграрный университет –
МСХА имени К. А. Тимирязева
(Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49)
E-mail: mayaanka12@gmail.com

Maya Anka

Postgraduate student,
Russian State Agrarian University –
Moscow Agricultural Academy
named after K.A. Timiryazev
(49 Timiryazevskaya street,
Moscow, Russia)

Инга Ивановна Серегина

доктор биологических наук, профессор,
профессор кафедры агрономической,
биологической химии и радиологии,
Институт агробиотехнологии,
Российский государственный
аграрный университет –
МСХА имени К. А. Тимирязева
(Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49)
E-mail: seregina.i@inbox.ru

Inga I. Seregina

Doctor of biological sciences, professor,
professor of the sub-department
of agronomic, biological
chemistry and radiology,
Institute of Agrobiotechnology,
Russian State Agrarian University –
Moscow Agricultural Academy
named after K.A. Timiryazev
(49 Timiryazevskaya street,
Moscow, Russia)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /
The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию / Received 22.01.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 12.02.2024

Принята к публикации / Accepted 11.03.2024