

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ БИОСТИМУЛЯТОРОВ НА МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТЬ ПШЕНИЦЫ

*Гранкина А.О., аспирант
ИФПБ РАН, e-mail: agrankina@phosagro.ru*

Ключевые слова: биостимулянты, кремний, пшеницы, стресс-ферменты, морозоустойчивость, урожайность, антистрессант.

Приведены результаты вегетационных использований двух кремнийсодержащих препаратов на морозоустойчивость пшеницы. Растения обрабатывали растворами препаратов до и после низкотемпературного стресса. Полученные результаты показали высокую эффективность обоих препаратов. Обработанные растения не теряли биомассу, в отличие от контроля. Использование кремнийсодержащих биостимуляторов позволяет снижать уровень окислительных деструктивных процессов вызванных стресс фактором путем активации и образования ряда стресс-ферментов.

Введение. Одно из наиболее перспективных современных направлений сельского хозяйства является использование биостимуляторов (1). В настоящее время нет точного определения, что является биостимулятором, однако общепризнано, что биостимуляторы активируют естественные биологические процессы растений, что помогает культурам справиться со стрессом и достичь своего максимального генетического потенциала с точки зрения урожайности и качества (2). В отличие от удобрений и почвенных мелиораторов биостимуляторы обычно вносятся путем опрыскивания растений и в дозах до 1-10 кг на гектар.

В отличие от кремниевых удобрений и кремнийсодержащих почвенных мелиорантов, Si-содержащие биостимуляторы не могут прямо влиять на содержание кремния в культивируемых растениях и на содержание активных форм кремния в почвах. Однако, использование кремнийсодержащих биостимуляторов увеличивается ежегодно во многих странах быстрее, чем использование кремниевых удобрений, что объясняется более низкой ценой (500-10 000 рублей на гектар), низкими дозами внесения (не более 10 кг/га) и высокой эффективностью (3; 4; 5).

Нестабильность климатических условий на нашей планете привела к увеличению не только засух и нехватке воды, но и к учащению

краткосрочных заморозков, что негативно влияет на продуктивность сельского хозяйства (6). Противостоять низким температурам можно, активируя природную иммунную систему выращиваемых растений (7). Ряд исследований показал, что использование кремниевых удобрений может повысить устойчивость растений к низким температурам (8) за счет увеличения активности ферментов-антиоксидантов (12). Однако влияния кремнийсодержащих биостимуляторов на природную иммунную систему растений изучены крайне слабо. Целью данных исследований было исследование влияния двух кремнийсодержащих биостимуляторов на морозоустойчивость пшеницы и сахарной свеклы.

Материалы и методы исследований. Вегетационные исследования проводили на искусственной почве (смесь песка (10%), торфа (80%) и извести (10%) с pH 7.0. Такой состав почвы позволил снизить возможное мешающее действие кремниевых соединений. В эксперименте использовали два типа кремнийсодержащих биостимуляторов:

- **Кремнийсодержащий биостимулятор (КБ)** (АО «Апатит» ГК ФосАгро, Россия) (суммарная доза внесения 2 и 5 кг/га). Содержание кремния в виде SiO_2 31,5%
- **«Эк-Si» (ООО «Эккор», Россия)** (суммарная доза внесения 2 и 5 кг/га). Содержание кремния в виде SiO_2 31,5%

В качестве исследуемых культур использовали пшеницу (*Triticum aestivum* L. сорт Новосибирская 31). Перед посадкой все семена замачивали в 3%-ом растворе H_2O_2 , затем семена промывали в дистиллированной воде и замачивали на 24 часа в темном шкафу с температурой 20°C. Растения выращивали в пластиковых сосудах объемом 1 литр и высотой 10 см при температуре в диапазоне +25-27°C, влажность воздуха – 85-90%, природной освещенности (эксперимент проводили в августе) и ежедневным поливом 50 мл воды на сосуд в день в течении 3-х недель. Затем растения обрабатывали кремнийсодержащими биостимуляторами и половину из них помещали на 12 часов в климатическую камеру, где температура были +6°C. После этого все растения опять обрабатывали кремнийсодержащими препаратами и оставляли в теплице на неделю выращивая при вышеописанных условиях.

После этого отбирали листья растений и в них определяли содержание аскорбатпероксидазы (АсП), глутатионредуктазы (ГП), гваякол-зависимой пероксидазы (ГПХ) и тиобарбитуровой кислоты (ТБКРп) стандартными методами (9, 10, 11). В дальнейшем собирали растения и определяли биомассу надземной и подземной частей и общее содержание в них кремния.

Исследования проводили в трехкратной повторности.

Результаты исследований и их обсуждение. Используемые кремнийсодержащие биостимуляторы положительно влияли на вес подземной и надземной части пшеницы (Рисунок 1). Без стресса биомасса надземной и подземной частей пшеницы при использовании кремнийсодержащих биостимуляторов увеличивалась на 26-54%. Максимальный эффект был получен при использовании кремнийсодержащего биостимулятора в дозе 5 кг/га – на 54% для корней и на 34% для листьев.

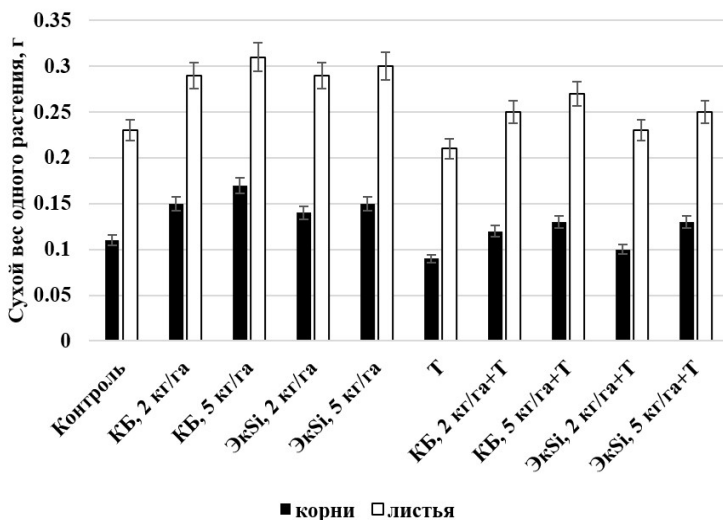


Рисунок 1 – Влияние исследуемых препаратов на сухую биомассу пшеницы, выращиваемой в благоприятных условиях и при краткосрочном низкотемпературном стрессе (Т)

Низкотемпературный стресс привел к значительному снижению биомассы пшеницы (на 18.2% для корней и на 9% для листьев). Применение кремнийсодержащих препаратов повысило устойчивость пшеницы к заморозкам. Биомасса как подземной, так и надземной частей пшеницы была больше на 33.3% и 19,0% больше в варианте с применением кремнийсодержащего препарата в минимальной дозировке 2 кг/га.

Полученные данные о содержании стресс ферментов в листьях пшеницы показывают, что оба кремнийсодержащих препарата проявляют себя как высокоактивные биостимуляторы (Табл 1). Внесение обоих препаратов существенно повысило содержание аскорбатпероксидазы, глутатионредуктазы и гваякол-зависимой пероксидазы что компенсировало интенсивность окислительных деструктивных процессы, инициированных низкой температурой. Полученные данные показывают, что использование кремнийсодержащего биостимулятора позволило пшенице синтезировать больше стресс-ферментов, чем *ЭкSi*.

Таблица 1 – Влияние исследуемых препаратов на содержание ТБКРп, АсП, ГР и ГПХ в листьях пшеницы.

Вариант	ТБКРп, нмоль/г с. м	ГР, мкмоль/ г сыр м	АсП, мкмоль/ г сыр м	ГПХ, мкмоль/ г сыр м /мин
Контроль	69	0,88	5,8	15,6
Температурный стресс (Т)	70	0,68	4,6	17,5
КБ 2 кг/га	54	0,75	6,8	17,5
КБ 2 кг/га + Т	78	0,61	5,4	22,5
КБ 5 кг/га	35	0,75	7,9	19,4
КБ 5 кг/га + Т	70	0,72	6,8	20,5
ЭкSi 2 кг/га	35	0,82	8,5	20,4
ЭкSi 2 кг/га + Т	58	0,68	6,4	23,2
ЭкSi 5 кг/га	32	0,79	10,4	21,6
ЭкSi 5 кг/га + Т	69	0,83	8,2	24,6
НСР ₀₅	5	0,08	0,3	0,6

Снижение содержания тиобарбитуровой кислоты в листьях пшеницы при использовании кремнийсодержащих препаратов указывает на то, что обработанные растения испытывали меньший уровень деструктивных процессов. При этом максимальный эффект был получен при использовании препарата *ЭкSi*.

Полученные данные указывают, что исследуемые кремнийсодержащие препараты являются высокоэффективными биостимуляторами и существенно повышает устойчивость пшеницы к кратковременным низким температурам.

Заключение. Проведенные исследования показали, что использование кремнийсодержащего биостимулятора и продукта ЭкSi положительно влияет на рост и развитие пшеницы, а также увеличивает морозоустойчивость этой культуры. Доказано, что оба препарата снижают уровень окислительных деструктивных процессов, вызванных стресс фактором путем активации образования таких стресс-ферментов как аскорбатпероксидаза, глутатионредуктаза и гваякол-зависимой пероксидаза.

Библиографический список:

1. Yakhin et al. Biostimulants in plant science: a global perspective // *Frontiers in plant science*. 2017. V. 7. P. 2049.
2. Parađiković N., et al. Biostimulants research in some horticultural plant species—A review // *Food and Energy Security*. 2019. V. 8(2). P. 100162.
3. Глаз Н. В. [и др.]. Влияние биостимулятора Мивал-агро на урожайность и семенную продуктивность картофеля // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2019. №4 (52). С. 23-31.
4. Artyszak A., et al. Impact of foliar fertilization on the content of silicon and macronutrients in sugar beet // *Plants*. 2019. V. 8(5). P. 136.
5. Kowalska J., et al. Effect of different forms of silicon on growth of spring wheat cultivated in organic farming system // *Silicon*. 2002. P.1-7.
6. Pfleiderer P., et al. Increasing risks of apple tree frost damage under climate change // *Climatic Change*. 2019. V. 157(3). P. 515-525.
7. Hoermiller I. I., et al/. Mechanisms of frost resistance in *Arabidopsis thaliana* // *Planta*, 2018. V.248(4), P. 827-835.
8. Joudmand A., Hajiboland, R. Silicon mitigates cold stress in barley plants via modifying the activity of apoplasmic enzymes and concentration of metabolites // *Acta Physiologiae Plantarum*, 2019. V. 41(2). P. 29.
9. Nakano Y., Asada K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts // *Plant Cell Physiol*. 1981. V. 22. P. 867–880.
10. Гавриленко В.Ф., и др. Определение пероксидазной функции: Метод Бояркина // *Большой практикум по физиологии растений / под. ред. Б.А. Рубина. Высшая школа. Москва, 1975. С. 284–286.*
11. Uchiyama M., Mihara M. Determination of malonaldehyde precursor in tissues by thiobarbituric acid test // *Anal Biochem*. 1978. V. 86. P. 287–297.
12. Кириллова И.Г. Действие кремнийорганического регулятора роста энергия-м на элементы антиоксидантной системы картофеля // *Экобиотех*. 2019.Т. 2. № 3. С. 262-266.

THE EFFECT OF SI-RICH BIOSTIMULANTS ON WHEAT FROST RESISTANCE

Grankona A. O.

Key words: *biostimulants, silicon, wheat, stress-proteins, frost resistance, yield, antistressor*

The results of greenhouse test for testing of the two Si-rich substances on the wheat frost resistance are presented. The plants were treated by solutions with Si-based biostimulants before and after low-temperature stress. The results obtained showed high efficacy for both substances. The Si-treated plants did not lose biomass, unlike the control ones. The use of Si-rich biostimulants activates or support the formation of the stress enzymes, which allow to reduce the level of oxidative destructive processes caused by the stress factor.