

Фитопротекторная роль экзогенного 24-эпибрассинолида для проростков *Zea mays* L. на фоне действия сульфата меди (II)

Г. В. Решетник*, А. И. Столярова

*Таврическая академия (структурное подразделение) Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского
Россия, Республика Крым, 295007 г. Симферополь, проспект Вернадского, 4.*

*Email: reshetnikgv@gmail.com

Исследовано действие препарата Эпин-экстра (действующее вещество – 24-эпибрассинолид) на физиолого-биохимические показатели прорастающих семян и рост проростков *Zea mays* L. на фоне возрастающих концентраций сульфата меди (II). Выявлено стимулирующий эффект действия синтетического регулятора роста на посевные качества семян кукурузы, ростовые показатели проростков на фоне токсического действия высоких концентраций сульфата меди.

Ключевые слова: сульфат меди, препарат Эпин-экстра, *Zea mays* L., ростовые показатели, прорастание семян.

Экологические факторы антропогенного происхождения изменяют свойства почвы, продуктивность растений, качество продукции, увеличение количества засоленных территорий, загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами [1]. Тяжелые металлы уже сейчас занимают второе место по степени опасности, уступая первенство пестицидам.

Медь – эссенциальный химический элемент, является составной частью различных окислительных ферментов; оказывает положительное воздействие на фотосинтез, образование хлорофилла, синтез белковых веществ в растениях, но при избытке в среде могут проявлять сильное токсическое действие [2]. Для изучения механизмов устойчивости растений к негативному влиянию меди возникает необходимость в проведении исследований. Одним из важнейших путей снижения содержания тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции является обработка растения биологически активными веществами. Выбор препарата Эпин-экстра обусловлен его характеристиками, такими как, антистрессовый адаптоген, который обладает способностью нейтрализовать вредное воздействие пестицидов, солей тяжелых металлов, радионуклидов и нитратов [3].

Целью нашей работы было изучение влияния препарата Эпин-экстра на некоторые физиолого-биохимические показатели проростков кукурузы сорта Кладио на фоне действия ионов меди.

В качестве объекта исследования использовались семена и проростки кукурузы сорта Кладио (*Zea mays* L. CV /Клаудио /). В качестве регулятора роста растений использовали препарат Эпин-экстра фирмы НЭСТ-М, автор Малеванная Н. Н. [3].

Для изучения влияния экзогенного фитогормона стероидной природы на устойчивость *Zea mays* L. к сульфату меди, предварительно обработанные 0.075% раствором препарата Эпин экстра семена кукурузы проращивали в возрастающих концентрациях сульфата меди (25–100 мМ). Проростки выращивали в водной культуре ($\frac{1}{2}$ среда Кноп) с добавлением аналогичных концентраций сульфата меди. Морфометрические показатели определяли по общепринятым в физиологии растений методам [4]. Активность каталазы прорастающих семян и 7-суточных проростков кукурузы определяли газометрическим методом [5].

В ходе эксперимента определили, что оптимальной концентрацией для семян кукурузы сорта Кладио является 0.075% водный раствор препарата Эпин экстра, а время замачивания семян для предпосевной обработки составляет 24 часа. Энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян повысились в среднем на 10–9%, соответственно по сравнению с контролем. Предпосевная обработка семян в 0.075% растворе препарата Эпин экстра имела положительный эффект на морфометрические показатели проростков кукурузы на фоне действия серноокислой меди (статья экосистемы). Минимальные дозы серноокислой меди в среде (25–50 мМ) не оказывают достоверного влияния на линейные размеры 7-суточных проростков *Zea mays* L., тогда как при максимальном количестве сульфата меди 100 мМ высота побегов увеличивается на 45% под действием препарата, а длина корневой системы – на 4.5 см. Препарат Эпин экстра стимулировал рост растений, соответственно увеличивалась биомасса. Действие 24-эпибрасинолида нивелировало токсическое влияние сульфата меди. Так сырая масса 14-ти дневных растений составляла 10.2 г, что на 18% выше сырой массы, выращенных в 100мМ растворе сульфата меди Предпосевная обработка семян препаратом снимает токсическое действие тяжелого металла, так как показатели варианта опыта 100мМ CuSO₄ приблизительно равняются показателям контроля 2 (предпосевная обработка семян препаратом) [6].

В основе воздействия абиотических факторов на растения лежит возникновение окислительного стресса с образованием активных форм кислорода и снижением антиоксидантной защиты. Фермент каталаза входит в данную систему защиты, катализируя разложение перекиси водорода. Сущность каталитического действия каталазы состоит в разложении перекиси водорода с выделением молекулярного кислорода.

В динамике стрессового воздействия изучали изменения активности каталазы прорастающих семян и проростков *Zea mays* L. Предпосевная обработка семян кукурузы спо-

собствовала улучшению биохимических процессов в клетках при действии сульфата меди, повышается активность изучаемого фермента.

При изучении действия сульфата меди на активность фермента каталазы в прорастающих семенах кукурузы было обнаружено, что со временем прорастания семян увеличивается активность фермента во всех вариантах опыта (табл. 1), однако при повышении содержания меди в среде произрастания активность фермента заметно снижается.

Таблица 1. Влияние препарата Эпин-экстра на активность каталазы прорастающих семян кукурузы на фоне действия сульфата меди ($\text{см}^3\text{O}_2/\text{г}$)

Вариант опыта	Время проращивания семян, сутки			
	1 сутки	2 сутки	3 сутки	4 сутки
Контроль (вода)	5.5 ± 0.13	15.1 ± 0.11	26.2 ± 0.09	28.1 ± 0.014
Контроль (Эпин-экстра)	6.8 ± 0.09	17.9 ± 0.15	29.6 ± 0.11	32.8 ± 0.09
25 мМ CuSO_4	5.0 ± 0.15	13.4 ± 0.02	23.1 ± 0.13	25.3 ± 0.05
25 мМ CuSO_4 + Эпин экстра	6.1 ± 0.09	15.9 ± 0.011	25.2 ± 0.09	28.6 ± 0.15
50 мМ CuSO_4	4.6 ± 0.16	12.2 ± 0.14	21.4 ± 0.021	22.1 ± 0.16
50 мМ CuSO_4 + Эпин экстра	5.1 ± 0.14	14.3 ± 0.15	22.8 ± 0.015	25.6 ± 0.14
100 мМ CuSO_4	3.8 ± 0.06	9.6 ± 0.05	15.8 ± 0.016	18.9 ± 0.11
100 мМ CuSO_4 + Эпин экстра	4.6 ± 0.09	12.6 ± 0.11	18.7 ± 0.21	20.4 ± 0.14

Примечание к таблице: разница средних значений контроля и опыта достоверна при $P \leq 0.01$ для всех вариантов.

Максимальные значения активности фермента отмечаются на 4 сутки прорастания семян. Под действием препарата активность фермента повышается на 16.7% по отношению к контролю (вода). Во всех вариантах опыта с наличием в среде сульфата меди в 1-суточных прорастающих семенах активность фермента ниже контрольных значений, особенно при максимальных концентрациях металла. В данном варианте активность фермента составляла $3.8 (\text{см}^3\text{O}_2/\text{г})$, что на 30% ниже контроля. Под действием 24-эпибрасинолида активность фермента увеличивается на 14%. В данном варианте опыта, на вторые и третьи сутки активность каталазы повышается в среднем в 1.25 раза по отношению к значениям без предпосевной обработки семян. Во всех вариантах опыта значения активности фермента были ниже показателей контроля, даже под действием препарата.

При изучении влияния препарата Эпин экстра на активность каталазы в семидневных проростках кукурузы наблюдается увеличение данного показателя по сравнению с проростками, выращенными на среде с добавлением различных концентраций сульфата меди. На седьмые сутки при максимальной концентрации меди в среде в надземной части проростков активность каталазы уменьшилось по отношению к контролю почти в 2 раза.

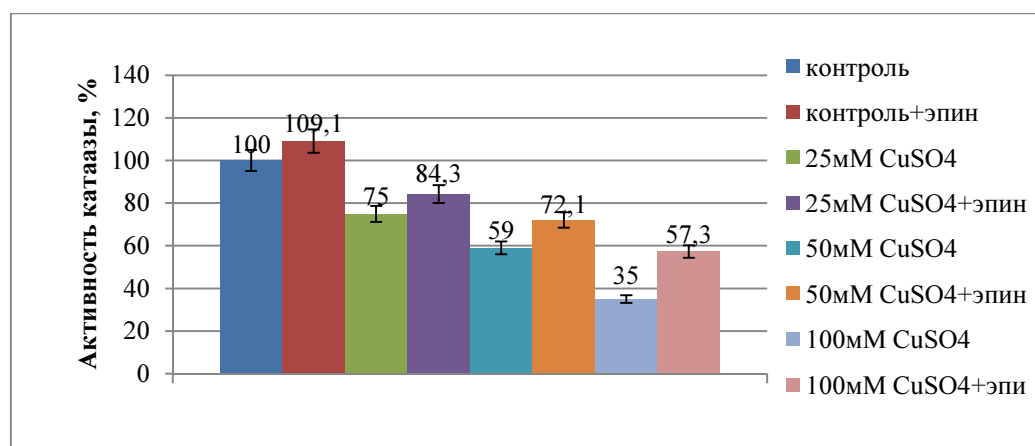


Рис. 1. Влияние препарата Эпин экстра на активность каталазы корневой системы 7-суточных проростков кукурузы на фоне действия сульфата меди.

Активность фермента каталаза корневой системы семидневных проростков кукурузы сорта Кладио в варианте обработки семян препаратом Эпин экстра повышалась в среднем на 10%. При максимальной концентрации сульфата меди проростки реагировали, как ростовыми показателями корневой системы так и показателями активности фермента. Без обработки семян стимулятором роста в 100мМ растворе сульфата меди активность каталазы корней ниже контроля на 65%, тогда как препарат повышает активность фермента в данном варианте опыта в среднем на 22% (рис. 1).

Таким образом, анализируя полученные данные по влиянию препарата Эпин экстра на активность фермента каталазы прорастающих семян, семисуточных проростков кукурузы, можно сделать вывод, что препарат оказывает положительное действие, повышая активность фермента в растении при действии на него стрессового фактора – сульфата меди. Можно предположить, что сульфат меди вызывает образование активных форм кислорода, в результате чего накапливается перекись водорода, которая губительно действует на растительную клетку. Предполагаем, что H_2O_2 оказывает повреждающее влияние на сам фермент каталазы. Препарат Эпин экстра, обладая адаптационными характеристиками, уменьшает реакционное влияние тяжелого металла на клеточный метаболизм, чем увеличивает активность каталазы которая, в свою очередь, нейтрализует перекись водорода.

Работа выполнялась в рамках научной темы работы кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологии «Изучение, охрана и рациональное использование растительного покрова Республики Крым. Изучение влияния абиотических и биотических факторов на рост и развитие растений»

Литература

1. Ипатова, В. И. Адаптация водных растений к стрессовым факторам среды. М.: Графикон-принт. 2005. 224 с.
2. Демидчик В. В., Соколик А. И., Юрин В. М. Токсичность избытка меди и толерантность к нему растений // Успехи современной биологии. 2001. Т. 121. №5. С. 511–525.
3. Малеванная, Н. Н. Брассиностероиды – новый класс фитогормонов плеiotропного действия // Полифункциональность действия брассиностероидов: сб. науч. трудов. М.: «НЭСТ М». 2007. С. 5–77.
4. Чмелева С. И., Решетник Г. В., Кучер Е. Н. Методические материалы и задания для проведения лабораторного практикума по курсу «Физиология и биохимия растений». Симферополь. 2013. 77 с.
5. Третьяков Н. Н., Карнаухова Т. В., Паничкин Л. А. Практикум по физиологии растений. М.: Агропромиздат 1990. 271 с.
6. Решетник Г. В. Влияние эпибрассинолида на устойчивость проростков *Zea mays* L. к высоким концентрациям сульфата меди // Экосистемы. 2017. Вып.12. С. 59–63.

Статья рекомендована к печати кафедрой ботаники и физиологии растений и биотехнологий Таврической академии КФУ имени В. И. Вернадского (канд. биол. наук, доцент С. Ф. Котов)

Phytoprotective role of exogenous 24-epibrassinolide for *Zea mays* L. sprouts against the background of copper (II) sulfate

G. V. Reshetnik*, A. I. Stolyarova

*Tavrisheskaya Academy (structural subdivision)
of the Crimean Federal University named of V. I. Vernadsky
4 Vernadsky Prospekt, 295007 Simferopol, Republic of Crimea, Russia.*

**Email: reshetnikgv@gmail.com*

The effect of the Epin-extra preparation (active substance – 24-epibrassinolide) on the physiological and biochemical parameters of germinating seeds and the growth of *Zea mays* L. sprouts against the background of increasing concentrations of copper (II) sulfate was studied. The stimulating effect of the action of the synthetic growth regulator on the sowing qualities of maize seeds, growth indices of seedlings against the background of the toxic effect of high concentrations of copper (II) sulphate was revealed.

Keywords: copper sulfate, Epin-extra preparation, *Zea mays* L., growth parameters, germination of seeds.