

УДК 581.1

**АНТИОКСИДАНТНАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ *CANNABIS SATIVA* L. ПРИ
ДЕЙСТВИИ СОЛИ ЦИНКА**

© Н. А. СОЛДАТОВА, В. Н. ХРЯНИН

Пензенский государственный педагогический университет им. В. Г. Белинского,
кафедра ботаники, физиологии и биохимии растений
e-mail: khryanin@spu-penza.ru

Солдатова Н. А., Хрянин В. Н. – Антиоксидантная система защиты растений *Cannabis sativa* L. при действии соли цинка // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. 2011. № 25. С. 632–634. – Изучали ответную защитную реакцию растений *Cannabis sativa* L. на действие разных концентраций соли цинка. Показано, что в ответ на действие тяжелого металла, который является стрессором для растений, происходит активация защитной антиоксидантной системы.

Ключевые слова: *Cannabis sativa* L., цинк, антиоксидантная система.

Soldatova N. A., Khryanin V. N. – The protective antioxidant system of *Cannabis sativa* L. under the influence of zinc salt // *Izv. Penz. gos. pedagog. univ. im. i V.G. Belinskogo*. 2011. № 25. P. 632–634. – The response plant protective reaction of *Cannabis sativa* L. to the influence of zinc salt of various concentrations is analyzed. It is shown that the activation of the protective antioxidant system occurs in response to the action of the heavy metal which is the stressor for plant.

Keywords: *Cannabis sativa* L., zinc, antioxidant system.

Цинк жизненно необходимый элемент для роста и развития растительного организма. Однако в повышенных концентрациях может вызывать окислительный стресс у растений. Снижение негативного последствия происходит благодаря наличию у растительных организмов антиоксидантной защитной системы.

В данной работе определяли уровень активности антиоксидантной системы у растений разных сортов конопли посевной (*Cannabis sativa* L.) при действии возрастающих концентраций соли цинка.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования были взяты разные сорта двудомной конопли: раннеспелый сорт «Кубанская ранняя», среднеспелый сорт «Зеница» и позднеспелый сорт «Славянка». В контроле для проращивания семян и последующего выращивания растений использовали дистиллированную воду; в опытных вариантах – раствор соли $ZnSO_4$ в концентрациях 10^{-4} – 10^{-10} М. Растения выращивали методом водной культуры при 22–24°С и естественном световом режиме.

Активность пероксидазы [10] и полифенолоксидазы (ПФО) определяли по методу Бояркина [9]. Активность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) определяли по образованию малонового диальдегида (МДА) в растительных тканях проростков конопли [9]. Содержание свободного пролина в расте-

ниях конопли посевной определяли по методу Bates с соавтр. [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследований было обнаружено, что $ZnSO_4$ в определенных концентрациях является стрессорным фактором для растений, вызывающим окислительный стресс у конопли посевной.

При воздействии тяжелого металла происходит активация перекисного окисления липидов, что может привести к нарушению целостности мембран [3, 6, 12, 13]. Анализ показал, что добавление $ZnSO_4$ в концентрациях 10^{-4} – 10^{-7} М повышало уровень МДА в опыте по сравнению с контролем. Так у раннеспелого сорта содержание МДА увеличилось в 2.23–4.54 раза, у среднеспелого – в 2.28–3.99 раза, у позднеспелого – 2.56–5.44 раза. При использовании более низких концентраций соли уровень окислительных процессов в клетках растений конопли оставался стабильным, и количество МДА достоверно не отличалось от контрольного показателя (рис. 1). Данный факт свидетельствует о том, что $ZnSO_4$ в повышенных концентрациях является стрессорным фактором для растений.

Прежде всего, это связано с образованием активных форм кислорода (АФК) и денатурацией белков, что приводит к нарушению многих биохимических процессов. Токсичное действие тяжелых металлов снижается благодаря наличию защитной антиокси-

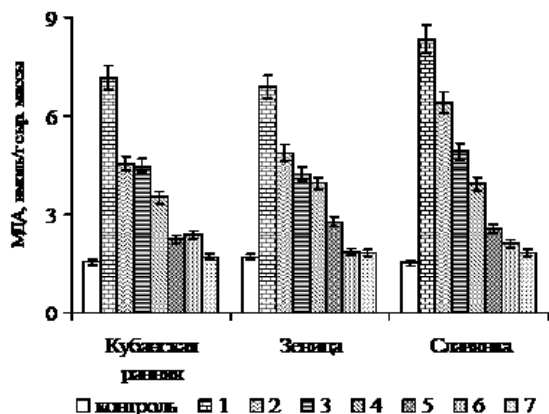


Рис. 1. Содержание МДА в растениях конопли при действии различных концентраций $ZnSO_4$.
 Концентрация $ZnSO_4$: 1) 10^{-4} М; 2) 10^{-5} М; 3) 10^{-6} М; 4) 10^{-7} М; 5) 10^{-8} М; 6) 10^{-9} М; 7) 10^{-10} М.

Рис. 1. Содержание МДА в растениях конопли при действии различных концентраций $ZnSO_4$.

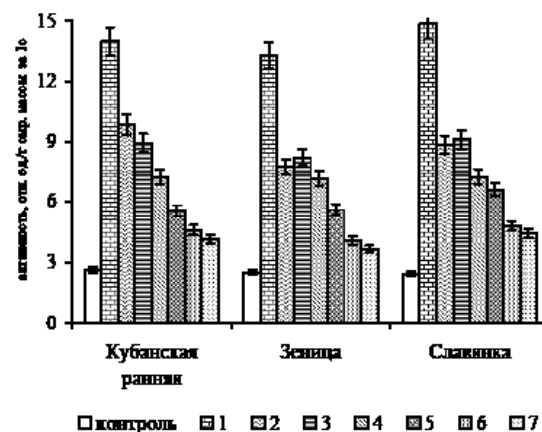


Рис. 3. Активность пероксидазы в растениях конопли при действии различных концентраций $ZnSO_4$.
 Концентрация $ZnSO_4$: 1) 10^{-4} М; 2) 10^{-5} М; 3) 10^{-6} М; 4) 10^{-7} М; 5) 10^{-8} М; 6) 10^{-9} М; 7) 10^{-10} М.

Рис. 3. Активность пероксидазы в растениях конопли при действии различных концентраций $ZnSO_4$.

дантной ферментной системы, которая может непосредственно обезвреживать АФК или участвовать в регенерации низкомолекулярных антиоксидантов [1, 4, 5, 7, 12].

Было установлено, что добавление в среду выращивания $ZnSO_4$ в концентрациях 10^{-4} – 10^{-7} М приводило к увеличению активности ПФО в опытных вариантах разных сортов в 1.31–3.46 раза по сравнению с контролем. Повышение уровня активности фермента наиболее ярко наблюдалось у раннезрелого сорта «Кубанская ранняя». Использование более низких концентраций соли достоверно не изменяла активность ПФО (рис. 2).

При использовании $ZnSO_4$ в концентрациях 10^{-4} – 10^{-10} М активность пероксидазы также возрастала пропорционально концентрации элемента в среде выращивания. Так у опытных растений сорта «Кубанская ранняя» она увеличилась в 1.58–5.37

раза, у сорта «Зеница» – в 1.46–5.34 раза, у сорта «Славянка» – в 1.82–6.16 раза по сравнению с контролем (рис. 3).

Доказано, что аминокислота пролин является одним из компонентов стресс-реакции, первой стадией адаптации [8, 11, 14]. При использовании растворов соли $ZnSO_4$ в концентрациях 10^{-5} – 10^{-8} М уровень пролина в опыте превышал контроль. Так у сорта «Кубанская ранняя» содержание аминокислоты в опыте увеличилось в 1.75–3.25 раза, у сорта «Зеница» – в 1.40–2.63 раза, у сорта «Славянка» – в 1.59–2.96 раза по сравнению с контрольным показателем. Более низкие концентрации соли в среде выращивания незначительно повышали уровень пролина у растений конопли (рис. 4).

Таким образом, в ходе проведенных исследований было обнаружено, что действие сульфата цинка зависело от концентрации соли в среде выращива-

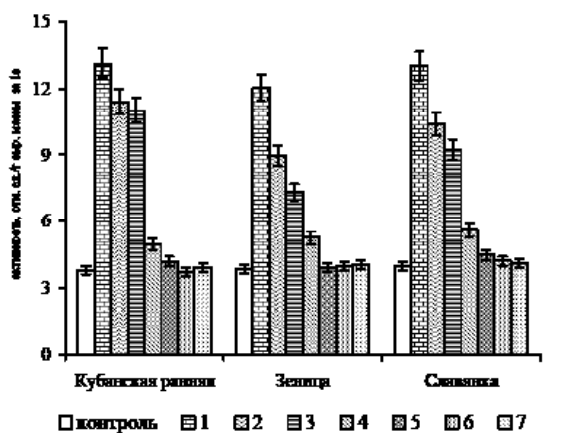


Рис. 2. Активность ПФО в растениях конопли при действии различных концентраций $ZnSO_4$.
 Концентрация $ZnSO_4$: 1) 10^{-4} М; 2) 10^{-5} М; 3) 10^{-6} М; 4) 10^{-7} М; 5) 10^{-8} М; 6) 10^{-9} М; 7) 10^{-10} М.

Рис. 2. Активность ПФО в растениях конопли при действии различных концентраций $ZnSO_4$.

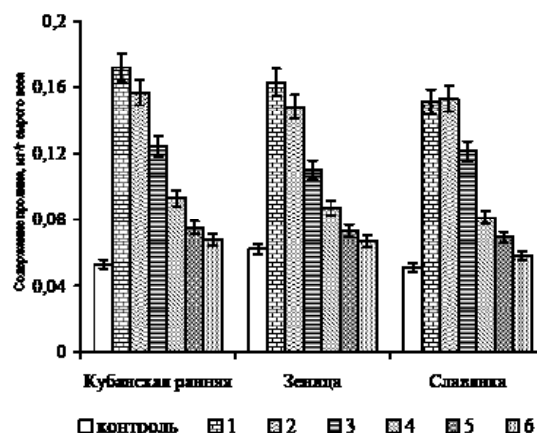


Рис. 4. Содержание пролина в растениях конопли при действии различных концентраций $ZnSO_4$.
 Концентрация $ZnSO_4$: 1) 10^{-5} М; 2) 10^{-6} М; 3) 10^{-7} М; 4) 10^{-8} М; 5) 10^{-9} М; 6) 10^{-10} М.

Рис. 4. Содержание пролина в растениях конопли при действии различных концентраций $ZnSO_4$.

ния. Цинк при повышенных концентрациях является стрессорным фактором для растений конопли посевной, вызывающий у них окислительный стресс. При этом возрастает содержание МДА, что связано с активацией в этих условиях свободнорадикальных реакций в растительных тканях. Также наблюдалось изменение уровня активности антиоксидантных ферментов, участвующих в обеспечении регуляторных и защитных функций организма. Аккумуляция свободного пролина при действии на растения различных стрессорных факторов носит адаптивный характер. Выявлена сортоспецифичность конопли посевной в отношении действия тяжелого металла. Повышение уровня активности защитной антиоксидантной системы наиболее ярко проявлялось у раннеспелого сорта «Кубанская ранняя». Позднеспелый и среднеспелый сорта оказались более устойчивыми к изменяющим условиям среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Allen R.D. Dissection of Oxidative Stress Tolerance Using Transgenic Plants // *Plant Physiol.* 1995. V. 107. P. 1049–1054.
2. Bates L.S., Waldren S.P., Teare I.D. Rapid Determination of Proline for Water-Stressed Studies // *Plant Soil.* 1973. V. 39. P. 205–207.
3. Jain S.K. The Accumulation of Malonyldialdehyde, a Product of Fatty Acid Peroxidation, Can Disturb Aminophospholipid Organization in the Membrane Bilayer of Human Erythrocytes // *J. Biol. Chem.* 1984. V. 259. P. 3391–3394.
4. Larson R.A. The Antioxidants of Higher Plants // *Phytochemistry.* 1988. V. 27. P. 969–978.
5. Граскова И.А., Боровский Г.Б., Колесниченко А.В., Войников В.К. Пероксидаза как компонент сигнальной системы клеток картофеля при патогенезе кольцевой гнили // *Физиология растений.* 2004. Т. 51. С. 692–697.
6. Деви С. Р., Прасад М.Н. В. Антиокислительная активность растений *Brassica juncea*, подвергнутых действию высоких концентраций меди // *Физиология растений.* 2005. Т. 52. № 2. С. 233–237.
7. Карташов А.В., Радюкина Н.Л., Иванов Ю.В., Пашковский П.П., Шевякова Н.И., Кузнецов Вл.В. Роль систем антиоксидантной защиты при адаптации дикорастущих видов растений к солевому стрессу // *Физиология растений.* 2008. Т. 55. С. 516–522.
8. Кузнецов Вл.В., Шевякова Н.И. Проллин при стрессе: биологическая роль, метаболизм, регуляция // *Физиология растений.* 1999. Т. 46. С. 321–336.
9. Малый практикум по физиологии растений / Под ред. А.Т. Мокроносова. М.: Изд-во МГУ, 1994. С. 105–116.
10. Практикум по физиологии растений / Под ред. Н.Н. Третьяков, Т.В. Карнаухова, Л.А. Паничкин и др. М.: Агропромиздат, 1990. С. 124–127.
11. Радюкина Н. Л., Шашукова А.В., Шевякова Н.И., Кузнецов Вл.В. Участие пролина в системе антиоксидантной защиты у шалфея при действии NaCl и параквата // *Физиология растений.* 2008. Т. 55. С. 721–730.
12. Серегин И. В., Иванов В.Б. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения // *Физиология растений.* 2002. Т. 48. № 4. С. 606–630.
13. Ху Ю.Ф., Лиу Ж.П. Ферменты антиоксидантной защиты физиологические характеристики двух сортов топинамбура при солевом стрессе // *Физиология растений.* 2008. Т. 55. С. 863–868.
14. Шевякова Н.И. Метаболизм и физиологическая роль пролина в растениях при водном и солевом стрессе // *Физиология растений.* 1983. Т. 30. С. 768–783.