

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПОВРЕЖДАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ИЗБЫТОЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ КАДМИЯ НА СОСТОЯНИЕ АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ КРЕСС-САЛАТА

**В статье рассматриваются особенности токсического влияния кадмия на активность антиоксидантных ферментов растений.**

**В ходе экспериментальных исследований изучено влияние различных концентраций кадмия на активность каталазы и пероксидазы кресс-салата.**

**Ключевые слова:** кадмий, тяжелые металлы, ферменты, кресс-салат.

Среди токсических веществ, загрязняющих окружающую среду, тяжелые металлы занимают особое место, поскольку в отличие от других неустойчивых и быстро трансформирующихся загрязнителей, соединения тяжелых металлов довольно устойчивы и сохраняют свое токсическое действие в течение длительного времени.

Выяснение механизма повреждающего действия избыточных концентраций тяжелых металлов на растения может проявиться в нарушении поступления и распределения других минеральных элементов, ингибировании фотосинтеза, нарушением транспорта ассимилятов, изменением водного и гормонального статуса, торможением роста и др. [4].

Кадмий считается токсичным элементом для растений, и основная причина токсичности связана с нарушением энзиматической активности. Подавляется образование и хлорофилловых пигментов у растений, обработанных кадмием. Фитотоксичность кадмия проявляется в тормозящем действии на фотосинтез, нарушении транспирации и фиксации  $\text{CO}_2$ , изменении проницаемости клеточных мембран.

Содержащийся в растениях кадмий представляет наибольшую опасность, так как может служить источником поступления в организмы человека и животных. Поэтому толерантность и адаптация некоторых растительных видов к повышенным содержаниям кадмия, хотя они и возможны с точки зрения охраны окружающей среды, представляют угрозу для здоровья человека.

Представленные в литературе сведения указывают на недостаточную изученность химических форм Cd в почве и почвенном растворе. Предполагается, что доминирующей формой Cd в почвенном растворе в широком диапазоне рН является ионная и гидратированная

форма, связанная с минеральными частицами почвы. В ионной форме кадмий обладает повышенной подвижностью в почвенных растворах и проницаемостью в системе «почва-растение», что характеризует его фитотоксические свойства. Проникая в клетки растения, ионы кадмия нарушают мембранный потенциал и работу многих металлозависимых ферментов, приводя к нарушению окислительно-восстановительных процессов в клетке [7].

Значительная роль в стрессовых ответных реакциях на воздействия неблагоприятных факторов среды принадлежит свободнорадикальным реакциям, связанные с участием кислородных радикалов. Клетки защищаются от АФК с помощью антиоксидантов [2]. К основным антиоксидантным ферментам относятся супероксиддисмутаза, каталаза и пероксидаза. Их синтез индуцируется в ответ на повышение уровня свободных радикалов [5]. Основные функции в регуляторной деятельности клетки выполняют пероксидаза и каталаза, обеспечивающие нормальный ход окислительных процессов при различного рода неблагоприятных воздействиях [6], [7].

По литературным данным пероксидаза связана с целым рядом метаболических превращений, происходящих в клетке [2], [3]. Возможно, этим фактом объясняется существование большого числа различных молекулярных форм этого фермента. Последнее, по-видимому, обеспечивает тончайшую самонастройку метаболизма в ходе онтогенеза и имеет особую важность для растения в обеспечении быстрой приспособленности к постоянно меняющимся условиям внешней среды.

Как и в случае пероксидазы, имеются основания рассматривать каталазу в качестве одной из терминальных оксидаз растительной

клетки, ответственной за разложение перекисей, регулирующих смену фаз аэробных и анаэробных процессов и участвующих в окислении перекисей в пероксисомах при фотодыхании [7].

Изменение качества и активности окислительно-восстановительных ферментов может служить показателем реакции растительного организма к неблагоприятным факторам среды и для оценки приспособления растений к условиям существования [6].

Поэтому целью нашей работы стало изучение в эксперименте влияние кадмия на состояние антиоксидантных ферментов растения на примере кресс-салата.

Объект исследования – кресс-салат нами был выбран не случайно, т. к. данное растение обладает уникальными биоиндикаторными свойствами. Эксперимент проводился на 4-х группах кресс-салата, выращенного методом гидропоники:

- 1 группа – контрольная группа, ее составили 3 партии растений по 50 семян в каждой;
- 2 группа – 3 партии растений по 50 семян в каждой чашке, обработанные ионами кадмия в концентрации равной 1 ПДК (0,001 мг/мл) для водных растворов;
- 3 группа – 3 партии растений по 50 семян в каждой чашке, обработанные ионами кадмия в концентрации равной 4 ПДК (0,004 мг/мл);
- 4 группа – 3 партии растений по 50 семян в каждой чашке, обработанные ионами кадмия в концентрации 8 ПДК (0,008 мг/мл) для водных растворов.

Время воздействия ионов кадмия для экспериментальных групп растений составило 60 мин.

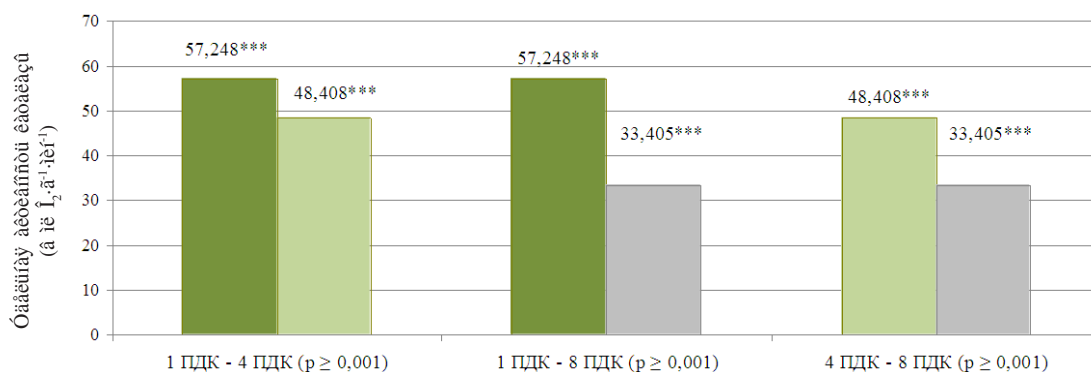
Исследование активности каталазы проводилась в каждой из 3-х контрольных групп,

а также в 3-х экспериментальных группах. Вытяжка фермента готовилась согласно методике Воскресенской О.А. [1]. Активность определялась по разложению перекиси водорода, которая является специфическим субстратом для каталазы. Удельная активность каталазы в контрольной группе составила  $(59,1 \pm 0,06)$  мл  $O_2 \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$ . В 1 экспериментальной группе активность фермента составила  $(57,2 \pm 0,03)$  мл  $O_2 \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$ . Во 2 экспериментальной группе активность фермента несколько уменьшилась и составила  $(48,4 \pm 0,12)$  мл  $O_2 \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$ . В 3 группе кресс-салата активность каталазы значительно уменьшилась до  $(33,4 \pm 0,12)$  мл  $O_2 \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$ . При оценке достоверности различий по t-критерию Стьюдента была выявлена достоверность различий между контрольной и всеми экспериментальными группами. Также была установлена достоверность различий между сравниваемыми экспериментальными группами кресс-салата, подвергшимися воздействию различных концентраций ионов кадмия (рисунок 1).

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о достоверном снижении активности каталазы в ответ на токсическое влияние ионов кадмия, в концентрации равной и превышающей ПДК.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что снижение активности каталазы происходит в результате токсического воздействия ионов кадмия в концентрации равной 1 ПДК и достоверно увеличивается снижение ее активности с увеличением токсических доз ионов кадмия от 1 до 8 ПДК.

Пероксидаза совместно с каталазой входит в единую систему антиоксидантной защиты



Примечание: \*\*\* – статистически значимые различия показателей активности каталазы,  $p \leq 0,001$

Рисунок 1. Достоверность различий удельной активности каталазы между исследуемыми группами кресс-салата

живых организмов, предотвращающую разрушительное действие активных форм кислорода. По активности пероксидазы может быть оценена интенсивность аэробных процессов. Поэтому изучение активности пероксидазы является важным фактором оценки противострессового ответа кресс-салата на токсическое воздействие ионов кадмия.

Активность пероксидазы в контрольной группе составила  $(0,18 \pm 0,88) \Delta D_{670} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ . В первой экспериментальной (1 ПДК) произошло значительное снижение активности пероксидазы до  $(0,10 \pm 0,33) \Delta D_{670} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ . В последующих группах при повышении концентрации ионов кадмия до 4 ПДК и 8 ПДК происходит увеличение активности пероксидазы до  $(0,15 \pm 0,33) \Delta D_{670} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$  и  $(0,22 \pm 0,33) \Delta D_{670} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$  соответственно.

Полученные результаты свидетельствуют о снижении активности пероксидазы первой экспериментальной группы растений, что возможно связано с ингибированием данного фермента ионами кадмия. Последующее увеличение активности фермента возможно обусловлено активирующим воздействием низкомолекулярных антиоксидантов, количество которых возрастает в ответ на нарастающее стрессовое воздействие высокими дозами кадмия. По данным Кении, Меньшиковой, Зенковой и др. [4] к данной группе ан-

тиоксидантов относятся глутатион, аскорбат, токоферолы, каротиноиды, полиамины, некоторые аминокислоты и другие вещества, которые участвуют в активации системы ферментов АОС по принципу «каскадного» взаимодействия.

Таким образом, проведенные нами исследования позволили сделать следующие выводы:

– каталаза, как фермент АОС растений, достоверно снижает свою активность в ответ на токсическое воздействие ионов кадмия в концентрациях от 1 до 8 ПДК;

– установлена нелинейная зависимость снижения активности пероксидазы кресс-салата в ответ на токсическое действие ионов кадмия в концентрациях от 1 до 8 ПДК.

Проведенные исследования влияния токсического воздействия ионов кадмия на систему антиоксидантных ферментов кресс-салата показали изменения адаптационных биохимической системы растения в ответ на возрастающие концентрации ионов кадмия в водном растворе.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке систем защиты растений от токсического воздействия ионов кадмия, а также способствовать разработке методов повышения устойчивости растений к неблагоприятному действию высоких концентраций тяжелых металлов.

1.09.2013

#### Список литературы:

1. Воскресенская, О.Л. Большой практикум по биоэкологии [Текст]: учеб. пособие / О.Л. Воскресенская, Е.А. Алябшьева, М.Г. Половникова; Мар. гос. ун-т. – Йошкар-Ола, 2006. – Ч. 1. – 107с.
2. Иванов, В.Б. Сравнение влияния тяжелых металлов на рост корня в связи с проблемой специфичности и избирательности их действия [Текст] / В.Б. Иванов, Е.И. Быстрова, И.В. Серегин // Физиология растений. – 2003. – Т. 50. – №3. – С. 445-454.
3. Ильин, В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение [Текст] / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1991. – 150 с.
4. Кения, М.В. Роль низкомолекулярных антиоксидантов при окислительном стрессе [Текст] / М.В. Кения, А.И. Лукаш, Е.П. Гуськов // Успехи современной биологии. – 1993. – Т. 113. – №4. – С. 456-470.
5. Мерзляк, М.Н. Активированный кислород и жизнедеятельность растений [Текст] / М.Н. Мерзляк // Соросовский образовательный журнал. – 1999. – №9. – С. 20-26.
6. Николаевский, В.С. Эколого-физиологические основы газовой устойчивости растений [Текст] / В.С. Николаевский. – М., 1998. – 64 с.
7. Рахманкулова, З.Ф. Энергетический баланс целого растения в норме и при неблагоприятных внешних условиях [Текст] / З.Ф. Рахманкулова // Журн. общей биологии. – 2002. – Т. 63. – №3. – С. 239-248.

Сведения об авторе:

**Науменко Ольга Александровна**, доцент кафедры профилактической медицины Оренбургского государственного университета, кандидат медицинских наук, доцент,  
e-mail: prf3@mail.ru

**Кабьшева Марина Ивановна**, доцент кафедры физического воспитания Оренбургского государственного университета, кандидат педагогических наук, доцент,  
e-mail: maslova70@inbox.ru

460018, г. Оренбург, пр-т Победы 13, ауд. 3017, тел. (3532) 340635

**Саблина Елена Владимировна**, старший преподаватель кафедры начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики Оренбургского государственного университета,  
e-mail: evsablina@yandex.ru

**Костенецкая Елена Альбертовна**, старший преподаватель кафедры начертательной геометрии Оренбургского государственного университета, e-mail kosteneckaja\_73@mail.ru  
460018, г. Оренбург, пр-т Победы 13, ауд. 3403, тел. (3532) 372523