

**ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ МЕДИ И СВИНЦА
НА СОДЕРЖАНИЕ ПРОДУКТОВ ПЕРЕКИСНОГО
ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ У *ALLIUM CEPA* L.**

Т.А. Толкачева

Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова

У большинства растений под действием неблагоприятных факторов развивается цепочка сходных неспецифических адаптационных реакций, совокупность которых получила название фитостресс. Чаще всего фитостресс проходит через 3 фазы, причем процессы, совершающиеся в клетке на стадиях тревоги и адаптации прямо противоположны: вначале преобладают реакции распада различных соединений, а затем – процессы синтеза. Предполагается, что сигналом для запуска стресс-реакции может служить изменение внутренней среды клетки. Таким сигналом может являться смещение прооксидантно-антиоксидантного равновесия в направлении активации окислительных процессов. Сбалансированность между частями этой системы является необходимым условием для поддержания нормальной жизнедеятельности клетки.

В многочисленных работах показано, что активация перекисного окисления биополимеров представляет собой универсальное следствие воздействия разнообразных экстремальных агентов. При этом продукты перекисного окисления могут являться как «индикаторами», так и «первичными медиаторами» стресса как особого состояния клетки, которое может привести к увеличению ее резистентности [1].

Выяснение механизмов выживания и адаптации растений к токсичным концентрациям тяжелых металлов (ТМ) представляет собой одну из важных проблем современной биохимии. ТМ инициируют генерацию активных кислородных метаболитов АКМ, вызывающих повреждения макромолекул и клеточных структур, а также активацию процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) [2]. Целью работы явилось определение содержания малонового диальдегида и диеновых конъюгатов в листьях лука при действии солей меди и свинца.

Материал и методы. В лабораторных условиях моделировали стресс, вызываемый действием растворов $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ в разных концентрациях с использованием *Allium*-теста. Перед началом эксперимента луковицы выдерживали при 4°C в течение 14 дней для активизации и синхронизации процесса прорастания. В эксперименте использовали луковицы сорта «Штуттгартен Ризен», диаметром 2,0–2,5 см. Предварительно у них удаляли внешние чешуи и коричневую нижнюю пластинку, затем помещали в пробирки (объемом 20 мл) с дистиллированной водой. Проращивание луковиц проводили при комнатной температуре и естественном освещении. Через 48 часов луковицы помещали на 24 часа в тестируемые растворы солей ТМ ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$). В качестве контроля использовали дистиллированную воду. Для оценки показателей ПОЛ использовали листья растений на 12-е сутки. Определение диеновых конъюгатов (ДК) проводили спектрофотометрическим способом с использованием смеси гептана и изопропилового спирта (1:1) [3]. Для количественного определения продуктов перекисного окисления липидов (малонового диальдегида – МДА) в зелени лука использовали тест с 2-тиобарбитуровой кислотой [4].

Результаты и их обсуждение. Одним из возможных компонентов быстрой реакции организма на стресс, вызванный солями тяжелых металлов, является активация ПОЛ. Результаты проведенных нами исследований содержания МДА и ДК (табл.) подтвердили интенсификацию окислительных процессов в растениях лука под влиянием солей меди и свинца.

Таблица – Влияние сульфата меди и нитрата свинца на содержание МДА и ДК в зелени лука ($X_{\text{cp}} \pm S_x$)

Экспериментальные группы	МДА, мкмоль/г	ДК, мкмоль/г
Контроль	2,44±0,023	0,18±0,009
CuSO_4 , 12,5 мг/л	3,11±0,019 ¹	0,34±0,019 ¹
CuSO_4 , 2,5 мг/л	3,73±0,029 ¹	0,32±0,029 ¹
CuSO_4 , 1,25 мг/л	3,22±0,026 ¹	0,22±0,013 ¹
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, 331 мг/л	2,58±0,029 ¹	0,85±0,058 ¹
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, 33,1 мг/л	3,12±0,019 ¹	0,49±0,108 ¹
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, 3,31 мг/л	2,23±0,032 ¹	0,33±0,038 ¹

Примечание: ¹ - $p < 0,05$ по сравнению с контролем

Сульфат меди в высокой концентрации (12,5 мг/л) вызывает статистически значимое увеличение содержания ТБК-позитивных веществ на 27% и ДК на 89% по сравнению с контрольной группой. При проращивании лука в среде сульфата меди (концентрация 2,5 мг/л) происходит активное статистически значимое накопление малонового диальдегида на 53% и диеновых

конъюгатов на 78% больше по сравнению с контролем.

Действие низкой концентрации сульфата меди приводит к статистически значимому увеличению МДА на 32% и ДК на 22%. Нитрат свинца в самой высокой концентрации (331 мг/л) приводит к достоверному увеличению МДА на 6% и ДК на 372% по сравнению с контролем. Действие нитрата свинца в концентрации 33,1 мг/л выражается в увеличении количества МДА на 28%, а ДК на 172%. Выдерживание луковиц в самой низкой концентрации нитрата свинца привело к наименее выраженным изменениям. При этом количество ТБК-реагирующих субстанций статистически значимо возросло на 9%, а ДК – на 83%. По данным таблицы видно, что влияние нитрата свинца более выражено по сравнению с сульфатом меди, и изменения в большей степени относятся к накоплению диеновых конъюгатов. Предположительно, это связано с тем, что свинец не выполняет важные функции в метаболизме растений, а медь, напротив, является микроэлементом, необходимым для жизнедеятельности растительных организмов.

Заключение. Окислительный стресс, воспроизводимый растворами солей ТМ сопровождается активацией свободно-радикального окисления, что проявляется в увеличении накопления продуктов перекисного окисления липидов. Нитрат свинца вызывает более выраженное токсическое действие, поскольку, при всех исследуемых концентрациях обнаружено более значительное накопление первичных и конечных продуктов ПОЛ.

Список литературы

1. Окислительный стресс и особенности воздействия слабых стрессоров физической природы на перекисный гомеостаз растительной клетки / Половинкина Е.О., Сеницына Ю.В. – Нижний Новгород: Нижегородский университет, 2010. – 62с.
2. Иванова Е.М., Холодова В.П., Кузнецов В.В. Биологические эффекты высоких концентраций меди и цинка и характер их взаимодействия в растениях рапса // Физиология растений 2010 т. 57, № 6. С. 864–873.
3. Стальная И.Д. Метод определения диеновой конъюгации ненасыщенных жирных кислот / И.Д. Стальная // Современные методы в биохимии. – М.: Медицина, 1977. – С. 63–64.
4. Dipierro S. The Ascorbate System and Lipid Peroxidation in Stored Potato (*Solanum tuberosum* L.) Tubers / S.Dipierro, S.D. Leonardis // J. Exp. Bot. – 1997. – Vol. 48. – P. 779–783.