

2. Емельянова А.В. Роль экзогенной 5-аминолевулиновой кислоты в индукции накопления антоцианов в растениях озимого рапса // Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук. – 2016. – №3 – С. 66-69.
3. Аверина Н. Г., Яронская Е. Б. Биосинтез тетрапирролов в растениях. Мн, 2012. С.12-18.

**УДК 581.1**

**ВЛИЯНИЕ МЕЛАТОНИНА НА АНТИОКСИДАНТНЫЙ  
СТАТУС РАСТЕНИЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ ИОНОВ  
ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

**Ефимова М.В., Коломейчук Л.В., Данилова Е.Д.,  
Малофий М.К., Кузнецов Вл.В.**

*Национальный исследовательский Томский государственный  
университет, Томск, Россия*

*National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

*г. Томск, пр. Ленина, 36,*

*stevmv555@gmail.com Тел.: +7 (3822) 529765*

Тяжелые металлы в микродозах необходимы для нормального роста и развития растений, однако в высоких концентрациях они оказывают губительный эффект на растения. Потенциальным средством повышения устойчивости растений к стрессу, вызванному тяжелыми металлами, являются гормоны, такие как мелатонин. Проведен сравнительный анализ изменения активности перекисного окисления липидов (ПОЛ) и накопления пролина в листьях, стеблях и корнях рапса в зависимости от состава среды (добавление 25 мкМ CuSO<sub>4</sub> и мелатонина в концентрации 1 и 10 мкМ). Обнаружен положительный эффект действия мелатонина, снижающий негативное воздействие меди.

Рост и развитие растений находится в непосредственной зависимости от окружающей среды. В связи с расширением промышленности и, как следствие, ухудшением экологической обстановки возрастает содержание тяжелых металлов в воде, воздухе и

почве [1]. Это делает актуальным исследования, направленные на повышение устойчивости растений к стрессу.

В ответ на действие тяжелых металлов, в растениях развивается окислительный стресс, вызванный генерацией активных форм кислорода (АФК). Функционирование антиоксидантной системы – ее ферментативных и неферментативных составляющих – направлено на поддержание оптимального внутриклеточного уровня АФК [2]. Эффективность функционирования антиоксидантной системы может быть повышена с помощью экзогенных гормонов, например, мелатонина, обладающего протекторными свойствами.

Объектом исследования являлся рапс *Brassica napus* сорта Вестар. В течение недели семена рапса проращивали в вермикулите, затем переносили на жидкую питательную среду  $\frac{1}{2}$  Хогланда-Снайдера для двухнедельной адаптации. Затем в среду добавляли  $\text{CuSO}_4$  (25 мкМ) и мелатонин (1 и 10 мкМ). Интенсивность ПОЛ оценивали спектрофотометрически по образованию окрашенного комплекса – продукта малонового диальдегида (МДА) в реакции с тиобарбитуровой кислотой при нагревании [3]. Экстракцию и определение свободного пролина проводили по методу Bates с соавт. [4].

Нами оценено перекисное окисление липидов в разных частях растений – листьях, стебле и корне. Минимальное содержание МДА отмечено в корнях растений – 0,03 мкМ/г сырого веса. В надземной части растений уровень МДА был в два раза выше. Добавление  $\text{CuSO}_4$  в питательный раствор способствовало увеличению содержания МДА в два раза. Обработка растений мелатонином в присутствии меди снижала ее повреждающее действие; защитный эффект мелатонина зависел от его концентрации. Максимальный положительный эффект для всех частей растений показан для гормона в концентрации 10 мкМ.

Известно, что аминокислота пролин является не только универсальным совместимым осмолитом, но и антиоксидантом [5]. Уровень пролина в листьях и корнях рапса был примерно одинаковым, тогда как в стеблях пролина было больше на 40 %. Добавление в питательный раствор высоких концентраций меди вызывало увеличение содержания пролина в 10-17 раз в зависимости от органа растения; максимальный эффект показан для листьев.

Одновременное воздействие меди и мелатонина увеличивало концентрацию пролина по сравнению с действием на растения одной меди; наибольшим протекторным эффектом обладал мелатонин в концентрации 10 мкМ.

Таким образом, нами выявлена способность экзогенного мелатонина подавлять развитие ПОЛ в растениях рапса при действии меди. Вероятно, мелатонин проявляет свой эффект не только прямо, но и опосредованно за счет активации других систем антиоксидантной защиты. Одной из возможных причин снижения интенсивности перекисного окисления липидов является накопление пролина во всех частях растения рапса. Выявлена органоспецифичность в генерации АФК и в накоплении пролина растениями рапса в ответ на действие меди и мелатонина.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (№16-04-01071-а).

#### Литература

1. Большаков В.А. Згрязнение почв и растительности тяжелыми металлами / В.А. Большаков, Н.Я. Гальпер, Г.А. Клименко, Т.И. Лыткина, Е.В. Башта // М., 1978, 52 с.
2. Гарифзянов А. Р., Жуков Н. Н., Иванищев В. В. Образование и физиологические реакции активных форм кислорода в клетках растений // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 3.
3. Buege J.A., Aust S.D. Microsomal lipid peroxidation // *Methods in Enzymology*. 1978. Vol. 52. P. 302-310.
4. Bates L.S., Waldran R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water stress studies // *Plant Soil*. 1973. V. 39. P. 205–208
5. Кузнецов Вл.В., Шевякова Н.И. Проллин при стрессе: биологическая роль, метаболизм, регуляция // *Физиология растений*. 1999. Т. 46. С. 234–243.