



ЭКОБИОТЕХ

ISSN 2618-964X

<http://ecobiotech-journal.ru>

ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛЯЦИИ РЕДОКС-ГОМЕОСТАЗА РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ВОЛГО-УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Богданова Е.С., Розенцвет О.А.

Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН, г. Тольятти, Россия
E-mail: comales@mail.ru

Исследовано 44 вида растений, разной жизненной формы, произрастающих в условиях Волго-Уральского региона. Показано, что листья одно-двулетних трав содержали меньшее количество малонового диальдегида (МДА), чем многолетние травы и древесные растения. Высоким содержанием низкомолекулярных антиоксидантов, в частности, каротиноидов, – характеризовались многолетние травы. Абсолютное содержание мембранных липидов в листьях растений разной жизненной формы было равным. При сопоставлении коэффициента вариации исследованных признаков обнаружено, что наиболее изменчивым параметром является уровень МДА, особенно у растений древесной формы.

Ключевые слова: жизненные формы, каротиноиды, мембранные липиды, перекисное окисление липидов, редокс-гомеостаз

FEATURES OF PLANT REDOX HOMEOSTASIS REGULATION UNDER THE VOLGO-URAL REGION CONDITIONS

Bogdanova E.S., Rozentsvet O.A.

Institute of Ecology of the Volga River Basin of the RAS – Branch of the Samara Federal Research Scientific Center of RAS, Tolyatti, Russia
E-mail: comales@mail.ru

The particularly of regulation of redox homeostasis of plants of different life forms in the Volga-Ural region were investigated. In leaves of annuals and biennials contained less malondialdehyde (MDA) than in perennial herbs and tree forms plants. The high content of low molecular weight antioxidants – carotenoids – found were in leaves perennial herbs. The absolute content of membrane lipids in the leaves of plants of different life forms was equal. When comparing the coefficient of variation of the studied characters, it found was that the most variable parameter is the level of MDA, especially tree forms plants.

Keywords: life forms, carotenoids, membrane lipids, lipid peroxidation, redox homeostasis

Поступила в редакцию: 05.04.2020

[DOI: 10.31163/2618-964X-2020-3-2-124-128](https://doi.org/10.31163/2618-964X-2020-3-2-124-128)

ВВЕДЕНИЕ

Разнообразные внешние факторы среды могут существенно влиять на внутриклеточный редокс-гомеостаз растений, что приводит к образованию активных форм кислорода и развитию окислительного стресса, в том числе перекисного окисления липидов (ПОЛ) [Scandalios, 2020]. Процессы ПОЛ протекают во всех живых клетках, главным образом, в липид-белковых надмолекулярных комплексах. Малоновый диальдегид (МДА) является одним из конечных продуктов окисления липидов, а его содержание – интегральной характеристикой соотношения процессов анаболизма и катаболизма биополимеров [Нестеров и др., 2014]. В небольших концентрациях продукты ПОЛ необходимы для регуляции проницаемости клеточных мембран, обновления фосфолипидного состава, регуляции активности мембрансвязанных ферментов. Однако усиление этого процесса ведет к образованию избыточного количества свободных радикалов, что нарушает состояние клеточных мембран [Менщикова и др., 2012]. Чаще всего мишенью ПОЛ становятся молекулы липидов, имеющие в своем составе легкоокисляемые ненасыщенные жирные кислоты.

Активность свободно-радикальных процессов регулируется многоуровневой антиоксидантной системой – высоко- и низкомолекулярными соединениями [Gill, Tuteja, 2010]. К числу наиболее типичных представителей низкомолекулярных антиоксидантов относят каротиноиды (Кар). В хлоропластах растений Кар локализованы в пластидах в виде глобул, кристаллов, белково-пигментных комплексов, входящих в структуру мембран [Ладыгин, 2015]. Они являются компонентами фотосистем I, II и выполняют светособирающую и фотозащитную функции, препятствуя развитию процессов ПОЛ [Мокроносов, Гавриленко, 1992; Дейнека и др., 2008].

Как правило, изучение механизмов к действию отдельных видов негативных факторов, вызывающих стресс проводят с использованием контрастных по устойчивости модельных или трансгенных растений в заданных условиях, при которых реакция организма будет наиболее выраженной. В естественных условиях на жизненные процессы дикорастущих растений влияет комплекс факторов, а значит и редокс-гомеостатические процессы в них могут существенно отличаться от модельных растений. Предполагается, что регуляторные механизмы редокс-гомеостаза определяются не только спецификой вида, но и жизненной формой, отражающей их приспособленность к условиям среды.

Цель работы исследовать особенности регуляции редокс-гомеостаза в листьях растений разных жизненных форм в условиях Волго-Уральского региона. В задачу исследования входило изучить содержание и вариативность содержания МДА, Кар и мембранных липидов (МЛ) в надземной части.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Было выбрано 44 вида из 20 семейств, произрастающих на территории Самарской, Ульяновской, Оренбургской областей и республики Башкортостан. Растительный материал отбирали в первой половине июня–июля с 2015 по 2019 гг. Для биохимических анализов использовали свежесрезанные листья из 12–15 растений одного вида. Из общей массы составляли три независимых биологических пробы по 0,2–2,0 г сырой массы.

Интенсивность ПОЛ определяли по накоплению МДА, определяемого по цветной реакции с тиобарбитуровой кислотой [Нестеров и др., 2014].

Содержание Кар определяли в ацетоновой вытяжке (90%) на спектрофотометре ПромЭкоЛаб ПЭ-3000 УФ (Россия) при длине волны 470 нм. Расчет пигментов производили по методу [Lichtenthaller, 1987].

Экстракцию и разделение липидов проводили методами, описанными в работах [Розенцвет 2014; Rozentsvet et al., 2018].

Коэффициент вариации (C_v) рассчитывали по формуле: $C_v = (\sigma / \kappa) * 100$ и выражали в %, где σ – среднее квадратичное отклонение величины; κ – среднее значение величины.

Для статистической обработки использовали программы Statistica 6.0 for Windows, Microsoft Excel 2007. Достоверность различий оценивали на основании t -критерия Стьюдента при доверительном интервале $P < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованные виды были разделены на три группы: одно-двулетние травы – 11 видов, многолетние травы – 20 видов и 13 видов растений древесных форм – кустарники и полукустарники. В листьях каждого из видов растений каждой группы определяли

концентрацию МДА, содержание МЛ и Кар. Вариативность этих показателей определяли для группы растений каждой жизненной формы (таблица). Уровень МДА варьировал в диапазоне концентрации 0,016–0,605, а средняя величина составляла 0,1 мкМ/г сырой массы. В листьях одно-двулетних трав уровень МДА был в 2 раза ниже, чем в многолетних травах и древесных растениях. Такая же закономерность отмечена и для коэффициента вариации: существенно меньшая вариативность процессов ПОЛ у одно-двулетних трав по сравнению с другими жизненными формами.

Таблица. Содержание и вариативность МДА, Кар, МЛ, в надземной части растений разной жизненной формы

Параметры	ОДТ		МТ		ДФ	
	$\frac{\text{Min-max}}{A}$	C_v	$\frac{\text{Min-max}}{A}$	C_v	$\frac{\text{Min-max}}{A}$	C_v
МДА, мкМ/г сырой массы	$\frac{0,01-0,09}{0,05 \pm 0,02}$	41,2	$\frac{0,16-0,30}{0,10 \pm 0,03}$	73,7	$\frac{0,02-0,60}{0,14 \pm 0,09}$	97,4
Кар, мг/г сырой массы	$\frac{0,07-0,40}{0,30 \pm 0,09}$	33,9	$\frac{0,20-0,60}{0,40 \pm 1,00}$	30,0	$\frac{0,09-0,40}{0,20 \pm 0,09}$	37,1
МЛ, мг/г сырой массы	$\frac{4,70-24,90}{10,80 \pm 5,40}$	50,3	$\frac{3,30-21,30}{12,00 \pm 5,30}$	44,6	$\frac{2,50-19,40}{10,40 \pm 4,90}$	47,6

Примечание. А – среднее арифметическое значение; min-max – минимальные и максимальные значения исследованных величин, C_v – коэффициент вариации параметров. Одно-двулетние травы (ОДТ), многолетние травы (МТ), древесные формы (ДФ).

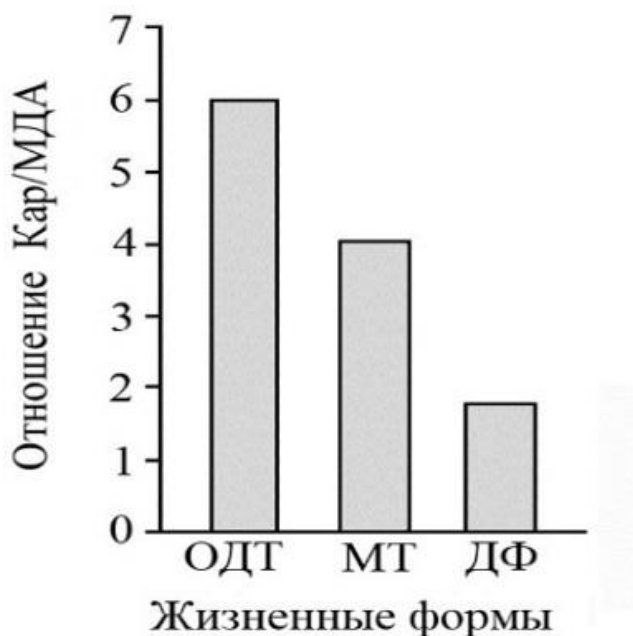


Рис. 1. Отношение Кар/МДА в надземной части растений разной жизненной формы. Кар – каротиноиды, МДА – малоновый диальдегид. Одно-двулетние травы (ОДТ), многолетние травы (МТ), древесные формы (ДФ).

Средняя величина абсолютного содержания Кар для всех видов растений данного региона составляла 0,3 мг/г сырой массы. Более высоким содержанием Кар характеризовались многолетние травы (таблица). Растения этой жизненной формы отличались и меньшим значением коэффициента вариации (30%), что может говорить о стабильности данного признака к факторам среды. Однако на рис. 1 показано, что с увеличением уровня МДА концентрация Кар снижается в ряду от одно-двулетних трав к древесным формам.

Поскольку процессы ПОЛ, связывают, прежде всего, с повреждением клеточных мембран, представляло интерес оценить изменчивость содержания МЛ в разных жизненных формах растений. Средние значения содержания МЛ в листьях всех исследованных растений были практически равными (10,4–12,0 мг/г сырой массы). Изменчивость данного параметра была выше у одно-двулетних трав. Вариативность количественного содержания МЛ была ниже по сравнению с уровнем процессов ПОЛ.

Известно, что фосфолипиды (ФЛ) и гликолипиды (ГЛ) – основные компоненты клеточных мембран. Расчет содержания ГЛ/МДА и ФЛ/МДА показал, что эти липиды в равной степени подвержены окислительным процессам (рис. 2А, Б). Самое высокое отношение липиды/МДА наблюдалось в листьях древесных растений, т.е. увеличение процессов ПОЛ ведет к снижению количественного содержания МЛ, что вероятно говорит о большей активности окислительных процессов в мембранах клеток.

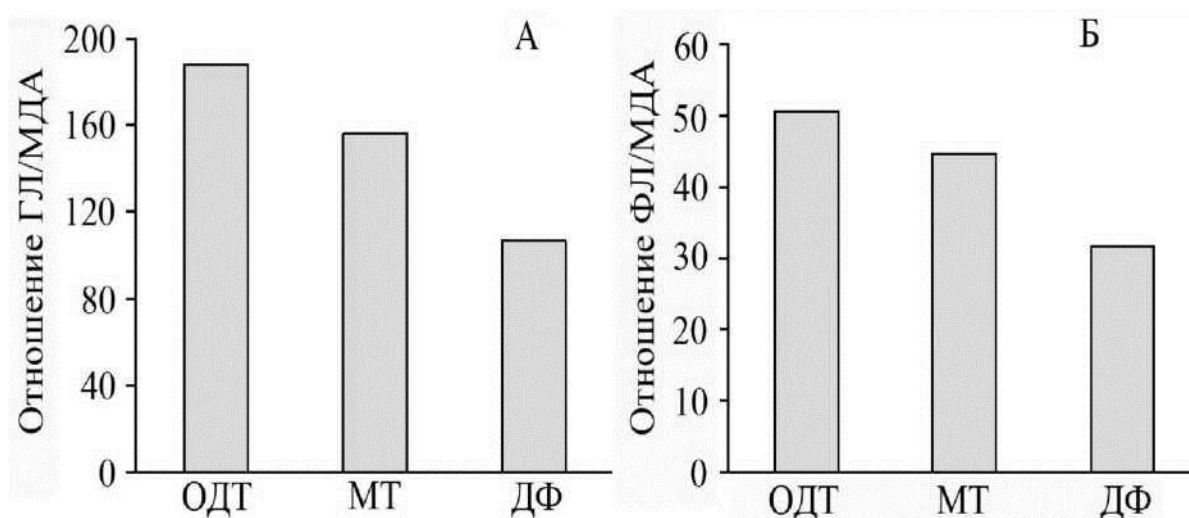


Рис. 2. Отношение ГЛ/МДА (А) и ФЛ/МДА (Б) в надземной части растений разной жизненной формы. ГЛ – гликолипиды, ФЛ – фосфолипиды, МДА – малоновый диальдегид. Одно-двулетние травы (ОДТ), многолетние травы (МТ), древесные формы (ДФ).

Таким образом, показаны различия в содержании и соотношении параметров, отвечающих за регуляцию редокс-гомеостаза у растений разной жизненной формы в условиях Волго-Уральского региона. В листьях одно-двулетних трав уровень ПОЛ был в 2 раза ниже, чем в многолетних травах и древесных формах растений. Высоким содержанием Кар характеризовались многолетние травы. Абсолютное содержание МЛ в листьях растений разной жизненной формы было равным. При сопоставлении коэффициента вариации исследованных признаков наибольшая вариативность отмечена для МДА, особенно для древесных растений, далее следуют МЛ и Кар. Следовательно регуляторные механизмы редокс-гомеостаза определяются не только спецификой вида, но и жизненной формой, отражающей их приспособленность к условиям среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дейнека В.И., Шапошников А.А., Дейнека Л.А., и др. Каротиноиды: строение, биологические функции и перспективы применения // Научные ведомости. 2008. № 6 (46). С. 19–25.

2. Ладыгин В.Г. Пути биосинтеза, локализация, метаболизм и функции каротиноидов в хлоропластах различных видов водорослей / Вопросы современной альгологии. 2015. 87 с.
3. Менщикова Е.Б., Ланкин В.З., Кандалинцева Н.В. Фенольные антиоксиданты в биологии и медицине. Структура, свойства, механизмы действия. LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 488 с.
4. Мокронос А.Т., Гавриленко В.Ф. Фотосинтез. Физиолого-экологические и биохимические аспекты. М.: Изд-во МГУ, 1992. С. 75–81.
5. Нестеров В.Н., Богданова Е.С., Табаленкова Г.Н., Розенцвет О.А. Перекисное окисление липидов дикорастущих галофитов в условиях Приэльтона // Извест. Сам. н. ц. РАН. 2014. Т. 16 (5). С. 299–302.
6. Розенцвет О.А., Нестеров В.Н., Богданова Е.С. Состав мембран дикорастущих галофитов с различными механизмами регуляции солевого обмена в зависимости от абиотических факторов среды // Биологические мембраны. 2014. Т. 31 (2). С. 137–146 <https://doi.org/10.7868/S0233475514010095>
7. Gill S.S., Tuteja N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants // Plant Physiol. Biochem. 2010. V. 48 (12). P. 909–930. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016>
8. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes // Methods in Enzymol. 1987. V. 148. P. 350–382. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1)
9. Rozentsvet O., Nesterov V., Bogdanova E., et al. Structural and molecular strategy of photosynthetic apparatus organization of wild flora halophytes // Plant Physiology and Biochemistry. 2018. V. 129. P. 213–220. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.06.006>
10. Scandalios J.G. The rise of ROS // Trends Biochem. Sci. 2002. V. 27 (9). P. 483–486. [https://doi.org/10.1016/S0968-0004\(02\)02170-9](https://doi.org/10.1016/S0968-0004(02)02170-9)