



Г. Н. Чупахина, П. В. Масленников,
Л. Н. Скрытник, Е. М. Фролов

ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНОГО СТАТУСА РАСТЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП КУРШСКОЙ КОСЫ

Анализировался эндогенный уровень антиоксидантов в растениях Куршской косы. Выявлены группы растений с максимальным содержанием антоцианов и водорастворимых антиоксидантов в растительных тканях. Показана положительная корреляционная зависимость между содержанием антоцианов и уровнем каротиноидов, отрицательная корреляционная зависимость между содержанием антоцианов и антиоксидантная активность в листьях исследуемых растений вне зависимости от экологических условий произрастания.

This article analyses the endogenous level of antioxidants in the plants growing on the Curonian spit. The authors distinguished two groups of plants with the highest content of anthocyanins and the water-soluble antioxidants in plant tissues and determined a positive correlation dependency between the anthocyanin content and the level of carotenoids and a negative correlation dependency between the anthocyanins and AOA content in the leaves of plants under consideration regardless of environmental conditions.

Ключевые слова: окислительный стресс, антиоксиданты, антоцианы, каротиноиды, дикорастущая флора.

Key words: oxidative stress, antioxidants, anthocyanins, carotenoids, wild flora.

Исследования, выполненные в разных странах в последние десятилетия, подтверждают, что одной из основных причин патологических изменений в человеческом организме, приводящих к преждевременному старению и развитию многих болезней, в том числе самых опасных, таких как сердечно-сосудистые и онкологические заболевания, является избыточное содержание в биологических жидкостях свободных кислородных радикалов (супероксид-анион, гидроксильный радикал, пергидроксильный радикал и др.) [1–3].

От воздействия свободных радикалов здоровый организм защищает естественная антиоксидантная система, содержащая ферментные и неферментные вещества, способные полностью нейтрализовать вредное воздействие радикальных форм кислорода [4].

Снижение активности естественной антиоксидантной системы человека и, следовательно, возрастание концентрации свободных радикалов в организме связано со многими неблагоприятными факторами: это радиоактивное и ультрафиолетовое облучение, ухудшение экологической обстановки, широкое распространение социальных заболеваний, постоянные стрессы, потребление загрязненной пищи, неконтролируемый прием некоторых лекарственных препаратов [4].

Вредное воздействие свободных радикалов в случае оксидантного стресса можно уменьшить за счет регулярного употребления определенных пищевых продуктов и напитков, лекарственных препаратов, биологически активных добавок (БАДов), обладающих антиоксидантной активностью. Основные природные антиоксиданты – флавоноиды, ароматические гидрооксикислоты, антоцианы, витамины С и Е, каротиноиды и др. Исключительное значение имеют антоцианы, так как благодаря заряду на атоме кислорода в кольце С антоцианидины и антоцианины легче проникают через мембраны клеток [5].

Наиболее перспективными источниками этих антиоксидантов считаются растения, особенно дикорастущие. Создание банка данных по содержанию антиоксидантов в растениях – первостепенная задача в решении проблемы оксидантного стресса. Для подобных исследований большой интерес представляют растения – доминанты флоры дюн и других экологических сообществ Куршской косы, чье биологическое разнообразие обусловлено типом почв и особенностями рельефа и климата.

В связи с этим целью данной работы стала оценка антиоксидантного статуса различных видов растений – представителей флоры дюн и других экологических сообществ Куршской косы, в том числе интродуцентов, редких и лекарственных растений. Для реализации данной цели определялось суммарное содержание антиоксидантов и активность некоторых из них: антоцианов, каротиноидов в листьях травянистых и древесных растений, произрастающих в различных экологических условиях Куршской косы в летний вегетационный период 2009 г.



Сбор растений проводился с наветренной и подветренной сторон авантюны, в зоне пальве. Содержание водорастворимых антиоксидантов определялось амперометрическим методом на приборе «Цвет Яуза 01-ААА» по методике Я. И. Яшина [6]. Каротиноиды, антоциановые пигменты исследовали спектрофотометрически [7]. Содержание исследуемых веществ приведено на грамм сухого веса. Полученные данные обработаны статистически с использованием пакета электронных таблиц Microsoft Exel и программы Statistica.

Анализировался эндогенный уровень антоцианов, каротиноидов в листьях 11 видов растений, произрастающих на наветренной и подветренной сторонах авантюны. Оценивалась суммарная антиоксидантная активность (АОА) растительного материала. В результате проведенной работы было установлено, что максимальный уровень антоциановых пигментов был характерен для листьев растений паслена сладко-горького, ястребинки зонтичной, полыни полевой и розы морщинистой (табл. 1). Минимальное содержание антоцианов отмечалось в листьях ивы козье, белокопытника ложного, чины приморской и колосняка песчаного. В растениях паслена, полыни и ястребинки отмечено максимальное содержание каротиноидов среди исследуемых видов дюнной гряды. Между содержанием антоцианов и уровнем каротиноидов в листьях растений прибрежного дюнного комплекса наблюдалась положительная корреляционная зависимость средней степени сопряженности ($r = 0,57$).

Таблица 1

Содержание антиоксидантов в растениях авантюны Куршской косы

Вид	АОА, мг/г	Антоцианы, $\times 10^{-3} \%$	Каротиноиды, мг/г
<i>Leymus arenarius</i> (L.) Hochst	0,8 \pm 0,05	6,9 \pm 0,5	0,5 \pm 0,03
<i>Ammophila arenaria</i> (L.) Link	0,6 \pm 0,04	12,4 \pm 1,3	0,7 \pm 0,05
<i>Lathyrus maritimus</i> Bigel.	0,9 \pm 0,06	7,7 \pm 0,5	0,6 \pm 0,04
<i>Petasites spurius</i> (Retz) Reichenb.	2,4 \pm 0,2	6,1 \pm 0,4	0,6 \pm 0,04
<i>Rubus caesius</i> L.	5,2 \pm 0,4	15,5 \pm 1,1	0,6 \pm 0,04
<i>Salix caprea</i> L.	15,8 \pm 1,1	1,5 \pm 0,1	0,8 \pm 0,06
<i>Rosa rugosa</i> Thunb.	2,3 \pm 0,2	23,6 \pm 2,1	0,5 \pm 0,03
<i>Solanum dulcamara</i> L.	0,5 \pm 0,03	62,1 \pm 4,3	0,9 \pm 0,05
<i>Hieracium umbellatum</i> L.	0,6 \pm 0,04	41,2 \pm 2,6	1,1 \pm 0,1
<i>Artemisia campestris</i> L.	0,4 \pm 0,02	28,6 \pm 2,3	0,9 \pm 0,06
<i>Equisetum arvense</i> L.	0,4 \pm 0,02	20,3 \pm 1,9	0,4 \pm 0,02

В листьях растений белокопытника ложного, ежевики сизой, ивы козье наблюдалось максимальное содержание водорастворимых антиоксидантов. Анализ полученных данных позволил выявить отрицательную корреляционную зависимость между содержанием антоцианов и АОА в листьях исследуемых растений ($r = -0,48$).

Биологическое разнообразие экосистем Куршской косы не ограничивается прибрежным дюнным комплексом. Благодаря расчлененности рельефа и микрорельефа, микроклиматическим особенностям Куршская коса репрезентирует на небольшом пространстве чрезвычайное разнообразие экосистем. Центральную (большую) часть Куршской косы занимает низкая (абсолютная высота 2–6 м, переменная ширина 0,35–2,0 км) равнина – пальве, сложенная переветренными дюнными песками. Защищенная с запада и с востока береговыми дюнными барьерами (приморской авантюной и Большой песчаной грядой), пальве – наиболее устойчивая часть песчаной косы, играющая исключительно важную роль в сохранении биоразнообразия ее видового состава.

Исследовалось содержание антиоксидантов в листьях травянистых (12 видов) и древесных (21 вид) форм растений, собранных в зоне пальве. Содержание антиоксидантов в листьях травянистых растений, произрастающих в зоне пальве Куршской косы, представлено в таблице 2, древесных растений – в таблице 3.

Таблица 2

Содержание антиоксидантов в травянистых растениях Куршской косы в зоне пальве



Вид	АОА, мг/г	Антоцианы, x10 ⁻³ %	Каротиноиды, мг/г
<i>Urtica dioica</i> L.	1,2±0,1	23,2±2,1	1,1±0,01
<i>Chamaenerion angustifolium</i> L.	2,1±0,1	15,9±1,2	0,6±0,04
<i>Geranium robertianum</i> L.	5,4±0,3	18,1±1,5	0,5±0,03
<i>Achillea millefolium</i> L.	0,5±0,03	28,2±1,9	1,2±0,1
<i>Melampyrum nemorosum</i> L.	0,5±0,04	52,8±3,9	2,2±0,2
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	2,2±0,1	15,4±1,1	0,9±0,06
<i>Taraxacum officinale</i> Webb	4,5±0,3	11±0,9	1,1±0,01
<i>Plantago major</i> L.	2,1±0,1	8,1±0,8	0,8±0,06
<i>Plantago lanceolata</i> L.	1,9±0,1	7,6±0,5	0,3±0,01
<i>Chelidonium majus</i> L.	8,8±0,4	13,4±1,2	0,2±0,01
<i>Hypericum perforatum</i> L.	11,1±0,8	26,4±2,1	0,3±0,02
<i>Convallaria majalis</i> L.	3,5±0,2	29,5±1,9	0,5±0,03

Максимальное содержание антоциановых пигментов среди травянистых форм отмечено в листьях марьяника дубравного. В листьях ландыша майского, зверобоя продырявленного, тысячелистника обыкновенного и крапивы двудомной уровень флавоноидов был в среднем 1,7–2,3 раза ниже. В листьях чистотела большого, подорожника ланцетолистного, подорожника большого, одуванчика лекарственного, пижмы обыкновенной, герани Роберта, иван-чая узколистного было выявлено минимальное содержание антоцианов. В листьях растений тысячелистника, одуванчика, крапивы и марьяника отмечен также более высокий уровень каротиноидов.

Среди древесных форм (табл. 3) максимальный уровень антоцианов был выявлен в листьях бузины черной, клена остролистного, барбариса обыкновенного, боярышника кроваво-красного, калины обыкновенной, осины обыкновенной и черники. В листьях других видов древесных растений уровень антоцианов был значительно ниже.

Таблица 3

**Содержание антиоксидантов в древесных растениях
Куршской косы в зоне пальве**

Вид	АОА, мг/г	Антоцианы, x10 ⁻³ %	Каротиноиды, мг/г
<i>Berberis vulgaris</i> L.	8,5±0,8	29,5±2,1	1,1±0,05
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	9,7±0,9	5,8±0,5	0,4±0,02
<i>Crataegus sanguinea</i> Pall.	3,3±0,3	32,1±1,9	0,9±0,03
<i>Betula pendula</i> Roth.	2,7±0,3	4,8±0,3	0,6±0,04
<i>Populus tremula</i> L.	19,8±2,1	19,2±0,2	1,1±0,06
<i>Picea abies</i> (L.) Karst.	16,7±1,5	6,1±0,4	0,7±0,05
<i>Tilia cordata</i> Mill.	14,8±1,2	2,8±0,6	0,6±0,04
<i>Viburnum opulus</i> L.	28,3±2,1	19,1±0,7	0,9±0,04
<i>Quercus robur</i> L.	32,5±2,9	4,2±0,4	1,1±0,09
<i>Frangula alnus</i> Mill.	137,2±12,3	7,8±0,8	0,5±0,04
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	19,1±1,7	8,4±0,5	0,9±0,08
<i>Sambucus nigra</i> L.	18,8±1,6	50,1±3,7	1,1±0,1
<i>Pinus mugo</i> Turra	19,5±1,6	2,2±0,1	0,2±0,01
<i>Ribes rubrum</i> L.	15,8±1,2	4,2±0,3	0,4±0,02
<i>Padus racemosa</i> (Lam.) Gilib.	8,7±0,6	2,9±0,3	0,7±0,04
<i>Acer platanoides</i> L.	2,7±0,2	35,1±2,4	1,6±0,1



<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	2,3±0,2	1,8±0,2	0,3±0,02
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	3,6±0,3	15,8±0,9	0,4±0,03
<i>Lonicera xylosteum</i> L.	1,5±0,1	4,2±0,4	0,4±0,03
<i>Pinus sylvestris</i> L.	7,5±0,4	3,7±0,3	0,7±0,05
<i>Picea pungens</i> Engelm.	36,1±3,2	11,3±1,2	0,6±0,04

В листьях травянистых и древесных растений, произрастающих в зоне пальве, между содержанием антоцианов и уровнем каротиноидов наблюдалась положительная корреляционная зависимость ($r \approx 0,71$).

В листьях травянистых растений, а также в листьях бузины черной, ольхи клейкой, крушины ломкой, дуба черешчатого, калины обыкновенной и осины, имеющих максимум содержания водорастворимых антиоксидантов, выявлена отрицательная корреляционная зависимость между содержанием антоцианов и АОА ($r \approx -0,4$). Растения, отличающиеся высоким содержанием водорастворимых антиоксидантов, имели низкое содержание антоцианов. Для травянистых растений ($r = -0,61$) и древесных – бузины черной, ольхи клейкой, крушины ломкой, дуба черешчатого, калины обыкновенной и осины ($r = -0,9$) – показана также отрицательная корреляционная связь между АОА и содержанием каротиноидов.

Листья зверобоя продырявленного, бузины черной, калины обыкновенной и осины характеризовались высоким содержанием водорастворимых антиоксидантов и антоциановых пигментов. В листьях одуванчика лекарственного отмечен высокий уровень каротиноидов и АОА. Среди хвойных растений высокий уровень АОА был отмечен в хвое ели колючей и сосны горной.

Таким образом, выявлены группы растений с различным содержанием антоцианов, каротиноидов и водорастворимых антиоксидантов в растительных тканях. Максимальное содержание антиоксидантов в листьях растений отмечено:

- антоцианов – в листьях паслена сладко-горького, марьянника дубравного и бузины черной;
- АОА – в листьях крушины ломкой, дуба черешчатого, хвое ели колючей;
- каротиноидов – в листьях марьянника дубравного и клена остролистного.

Показана положительная корреляционная зависимость между содержанием антоцианов и уровнем каротиноидов, отрицательная корреляционная зависимость между содержанием антоцианов и АОА в листьях растений прибрежного дюнного комплекса и зоны пальве (44 вида). Для травянистых растений и растений бузины черной, ольхи клейкой, крушины ломкой, дуба черешчатого, калины обыкновенной и осины показана отрицательная корреляционная связь между АОА и содержанием каротиноидов.

Полученные данные по содержанию биологически активных соединений в исследуемых растениях Куршской косы являются комплексным показателем антиоксидантного качества растительного сырья и могут быть успешно использованы для его стандартизации. Проведение анализа на содержание водорастворимых антиоксидантов в дальнейшем может позволить быстро и достаточно точно проводить оценку качества используемого растительного сырья, что даст возможность составлять многокомпонентные препараты с заданной антиоксидантной активностью. Сопоставление результатов оценки АОА растительного материала позволяет также выявить группы растений с высокой и низкой АОА, тем самым существенно сузить круг потенциальных источников антиоксидантов, а также получить представление о механизмах их антиоксидантного действия.

Список литературы

1. Хавинсон В.Х., Баринов В.А., Арутюнян А.В., Малинин В.В. Свободнорадикальное окисление и старение. СПб., 2003.
2. Roginsky V., Lissi E.A. Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food // Food Chem. 2005. Vol. 92. P. 235 – 254.
3. Lucrecia L., Chaillou L., Nazareno M.A. New method to determine antioxidant activity of polyphenols // J. Agric. Food Chem. 2006. Vol. 54. P. 8397 – 8402.
4. Яшин А.Я. Инжекционно-проточная система с амперометрическим детектором для селективного определения антиоксидантов в пищевых продуктах и напитках // Рос. хим. журн. (журн. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2008. Т. 52, №2. С. 130 – 135.
5. Ehlenfeldt M.K., Prior R.L. Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and phenolic and anthocyanin concentrations in fruit and leaf tissues of highbush blueberry // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2001. Vol. 49. P. 2222 – 2227.



6. Яшин А.Я., Яшин Я.И. Новый прибор для определения антиоксидантной активности пищевых продуктов, биологически активных добавок, растительных лекарственных экстрактов и напитков // Приборы и автоматизация. 2004. №11. С. 45–48.

7. Чупахина Г.Н., Масленников П.В. Методы анализа витаминов: Практикум. Калининград, 2004.

Об авторах

Г. Н. Чупахина – д-р биол. наук, проф., РГУ им. И. Канта, tchoupakhina@mail.ru

П. В. Масленников – канд. биол. наук, доц., РГУ им. И. Канта, pashamaslennikov@mail.ru

Л. Н. Скрышник – канд. биол. наук, ассист., РГУ им. И. Канта, valeoecology@mail.ru

Е. М. Фролов – студ., РГУ им. И. Канта.

Authors

Professor G. N. Choupakhina, IKSUR, tchoupakhina@mail.ru

Dr. P. V. Maslennikov, Associate Professor, IKSUR, pashamaslennikov@mail.ru

Dr. L. N. Skryshnik, Assistant Professor, IKSUR, valeoecology@mail.ru

E. M. Frolov, student, IKSUR.