

13. Ерещенко О.В., Хлебцова Л.П. Влияние погодных условий на изменчивость признаков пыльцы берёзы повислой (*Betula pendula* Roth) // Известия Алтайского гос. ун-та. 2012. № 3/2 (75). С. 17–20.

14. Хлебцова Л.П., Ерещенко О.В. Качество пыльцы берёзы повислой (*Betula pendula* Roth) в условиях Барнаула // Известия Алтайского государственного университета. 2012. № 3/1. С. 89–92.

15. Василевская Н.В., Петрова Н.В. Морфологическая изменчивость пыльцы *Pinus sylvestris* L. в условиях промышленного города (на примере г. Мончегорска) // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2014. № 4. С. 7–12.

16. Исаков И.Ю., Мациева М.А. Определение размеров и жизнеспособности пыльцы местных и интродуцированных видов берёз // Лесотехнический журнал. 2015. № 3. С. 33–41.

17. Николаевская Т.С., Ветчинникова Л.В., Лебедева О.Н., Кузнецова Т.Ю. Морфофизиологическая характеристика пыльцы различных видов берёзы в условиях Восточной Финноскандии // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2008. № 14. С. 84–91.

18. Николаевская Т.С., Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф., Лебедева О.Н. Изучение пыльцы у аборигенных и интродуцированных в условиях Карелии представителей рода *Betula* L. // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2009. № 4. С. 90–95.

19. Тимофеев П.А. Деревья и кустарники Якутии / отв. ред. А.П. Исаев. Якутск: Бичик, 2003. 64 с.

20. Сладков А.Н. Введение в спорово-пыльцевой анализ. М.: Наука, 1967. 270 с.

21. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1988. 271 с.

22. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валеский А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 66 с.

23. Махнева С.Г., Бабушкина Л.Г., Зуева Г.В. Состояние мужской генеративной сферы сосны обыкновенной при техногенном загрязнении среды. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т; Изд-во Урал. ун-та, 2003. 154 с.

THE INFLUENCE OF URBAN ENVIRONMENT ON POLLEN GRAINS OF THE SILVER BIRCH (*BETULA PENDULA* ROTH) IN CONDITIONS OF YAKUTSK

© 2019

Soldatova Viktoria Yurievna, candidate of biological sciences, associate professor of Biology Section

Samsonova Algystaana Petrovna, student of Biology Section

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University (Yakutsk, Russian Federation)

Abstract. This paper studies variability of pollen grains of the silver birch in relation to the quality of urban environment. The material was collected in 12 sites. A total of 1,190 leaves and 24,000 pollen grains were examined and measured. The pollen fertility varied within 69–92%. Statistically significant decrease in fertility was observed in conditions of high-intensity traffic load, in the central area of the city, and where the road surface was in poor condition. Under the same conditions a statistically significant increase in percentage of «relatively fertile» pollen grains is observed. We found significant correlation between the level of fluctuating asymmetry (FA) and the share of fertile and half-fertile pollen grains. For fertility Spearman's rho was $-0,71$; and for half-fertility, $r = 0,66$, $p < 0,05$. A similarly significant correlation ($r = -0,7$, $p < 0,05$) was found between the diameter of pollen grains and traffic load, which indicates a consistent organism response to environment deterioration. From the above, it follows that for assessment of environmental condition such characteristics of pollen grains as fertility, half-fertility, and pollen grain size can be used.

Keywords: silver birch; pollen grains; fertility; sterility; deformation; pollen variability; fluctuating asymmetry; developmental stability; bioindication; bioassay; palynological studies; urban territory; environmental quality; urban environment; Yakutsk.

* * *

УДК 58.009

DOI 10.24411/2309-4370-2019-13114

Статья поступила в редакцию 10.03.2019

БАЛАНС ПУЛОВ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ И ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ У КУСТАРНИЧКОВ В УСЛОВИЯХ СЛАБОНАРУШЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

© 2019

Устинова Марина Вячеславовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник научно-образовательного центра Института естественных и технических наук

Кравченко Инесса Вячеславовна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник научно-образовательного центра Института естественных и технических наук

Русак Светлана Николаевна, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и биофизики

Ядгарова Диана Атахжановна, магистрант кафедры экологии и биофизики

Сургутский государственный университет

(г. Сургут, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Российская Федерация)

Аннотация. Статья посвящена выявлению баланса пулов фотосинтетических пигментов и фенольных соединений у кустарничковых видов *Vaccinium myrtillus* L. и *Vaccinium vitis-idaea* L. в условиях фоновой тер-

ритории Тундринского бора (Ханты-Мансийского автономного округа – Югры) с целью эколого-биохимической оценки состояния ценных видов. Проведён сравнительный анализ исследованных биохимических показателей (хлорофилл *a*, хлорофилл *b*, каротиноиды и фенольные соединения) листьев двух видов, собранных с двух аналогичных по ландшафтным, почвенным и гидрологическим условиям пробных площадей слаборазрушенной территории Тундринского бора. Анализ листьев кустарничковых видов на содержание хлорофиллов выявил следующее распределение пулов хлорофилла: хлорофилл *a* – 64,96%, хлорофилл *b* – 35,04% для листьев *Vaccinium myrtillus* и хлорофилл *a* – 68,28%, хлорофилл *b* – 31,72% для листьев *Vaccinium vitis-idaea*. Среднее содержание каротиноидов и фенольных соединений листьев *Vaccinium myrtillus* находилось на уровне $0,62 \pm 0,11$ мг/г и $14,18 \pm 1,65$ мг/г, соответственно, в листьях *Vaccinium vitis-idaea* $0,52 \pm 0,12$ мг/г и $18,79 \pm 2,25$ мг/г, соответственно. Корреляционный анализ показал наличие прямой корреляционной зависимости средней силы ($r = 0,4$) между показателями содержания хлорофилла и фенольных соединений в листьях *Vaccinium vitis-idaea*.

Ключевые слова: *Vaccinium myrtillus* L; *Vaccinium vitis-idaea* L; брусника; черника; кустарничковые виды; хлорофиллы; каротиноиды; пигменты; фенольные соединения; лесные экосистемы; биохимический мониторинг; фоновые территории; условно-чистые территории; Тундринский бор.

Введение

Главными показателями состояния большинства экосистем, в том числе лесных, являются физиологические характеристики входящих в них организмов. Продукционные возможности растений оцениваются с учетом уровня активности фотосинтетического аппарата, который непосредственно взаимосвязан с пигментным составом и накоплением биомассы растений. Количество и соотношение пигментов зависят от типа и возраста растений, а также от условий окружающей среды [1; 2].

Фенольные соединения, являясь, в большинстве своём веществами вторичного метаболизма, играют немаловажную роль в обмене веществ растительной клетки, участвуя в процессах фотосинтеза и дыхания, осуществляя защитные функции, и имеют все шансы быть отнесёнными к биологически активным веществам [3].

Актуально ранее выявление нарушений для экосистем Севера в связи с их слабой восстановительной способностью [4], при этом отмечается необходимость создания системы мониторинговых площадок, включающих как эталонные участки, так и техногенно-нарушенные [5]. Биохимические показатели растительных организмов, имеющие диагностическое значение, целесообразно включать в общую систему мониторинга наземных экосистем как биомаркеры их состояния [6]. Эколого-биохимическая оценка лесов, имеющих средообразующее, оздоровительное и туристическое значение, довольно актуальна в настоящее время для своевременного выявления снижения адаптационных возможностей лесных растений, сохранения хозяйственно-ценных видов и разработки природоохранных мероприятий [7]. В этой связи исследования последних лет направлены на выявление особенностей пигментного состава [1; 8–11], накопление фенольных соединений [12–15] растений лесных экосистем.

Цель исследования: выявление уровней содержания и распределения пулов фотосинтетических пигментов и фенольных соединений в листьях растений *Vaccinium vitis-idaea* L. и *Vaccinium myrtillus* L., произрастающих на фоновой территории Севера.

Материалы и методы

Сельское поселение Тундрино расположено на территории Сургутского района Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, в среднем течении р. Обь, в пределах Западно-Сибирской равнины [50]. В состав поселения входит село Тундрино и посёлок Высокий Мыс [16]. Его окружает кедровый бор, который является типичным природным объектом Сред-

него Приобья, и может рассматриваться как фоновый участок средней тайги Западно-Сибирской низменности. Согласно части 1 ст. 10 Лесного Кодекса РФ, урочище Тундринский бор относится к категории защитных лесов и подлежит освоению в целях средообразующих, оздоровительных и иных полезных функций лесов. Кроме того, Тундринский бор входит в Перечень особо охраняемых природных территорий, предлагаемых для создания и расширения в автономном округе на период 2019–2030 годы [17].

Территория исследования относится к средней тайге, имеет равнинный характер местности с микроуклонами и трудно проницаемыми грунтами и как следствие 70% этой территории заболочено. Здесь наиболее распространены супесчаные подзолистые почвы с интенсивным накоплением оторфованной подстилки. Исследуемый район, по классификации климатов А.А. Григорьева и М.И. Будыко, относится к области влажного с умеренно тёплым летом и умеренно суровой снежной зимой [18]. Средняя температура января составляет -20°C , самая низкая зафиксированная температура: -54°C .

Сбор растений для химического анализа производился в конце июня 2016 года. При сборе растительного сырья закладывались пробные площади (ПП) 100 м^2 ($10 \times 10\text{ м}$), пробы отбирались в шести точках каждой ПП, по 10 растений в каждой точке. Всего отобрано 120 образцов. Отбор проб производился на двух пробных площадках (ПП): ПП1 вблизи проезжей части предполагаемых границ проектируемого памятника природы регионального значения *Тундринский Бор*, и ПП2 – вблизи села Тундрино (рис. 1).

Свежесобранные растения очищали от остатков почвы, разбирали в лабораторных условиях от посторонних примесей.

Материал высушивали в затененной комнате с хорошей вентиляцией при комнатной температуре, и периодически перемешивали. Листья кустарничковых растений раскладывали тонким слоем.

Высушенный до воздушно-сухого состояния растительный материал измельчался на лабораторном гомогенизаторе и хранился в конвертах, снабженных этикетками с указанием названия растения, времени и места отбора.

Определение фотосинтетических пигментов проводили путем экстрагирования спиртовым раствором из измельченных листьев растений с последующим измерением оптической плотности экстракта на спектрофотометре СФ-56 при длинах волн 665, 649 и 470 нм [19].



Рисунок 1 – Карта-схема расположения исследуемых участков

Определение содержания суммы фенольных соединений проводилось титриметрическим методом по Левенталю [20].

Статистическая обработка полученных результатов анализов проведена с помощью программ Microsoft Excel, Statistica. Картосхема исследуемой территории была сделана с помощью программы MapInfo.

Результаты и обсуждение

Анализ общего содержания хлорофиллов показал превышение значения содержания общего хлорофилла в листьях черники практически в 2 раза по сравнению со значением содержания этого показателя в листьях брусники, также различаются их максимальные значения, в отличие от незначительного изменения минимальных показателей содержания (табл. 1). Общее содержание каротиноидов, как вспомогательных фотосинтетических пигментов в листьях исследуемых растений, различалось несущественно – в пределах среднего отклонения. Наибольшее накопление фенольных соединений отмечено для листьев брусники (табл. 1).

Содержание суммарного хлорофилла изменялось в диапазоне значений от 1,64 до 6,33 мг/г в чернике, и от 1,24 до 3,98 мг/г – в бруснике. Наибольшее его содержание отмечено для растений, собранных с территории ПП1. Согласно данным литературы по Мурманской области, брусника содержит 5,84 мг/г, а черника – 3,84 мг/г общего хлорофилла, при этом отмечается, что в пределах одного вида суммарное содержание хлорофилла у растений различных местообитаний фоновых территорий может различаться в 2 раза [1].

Количество и соотношения фотосинтетических пигментов зависят от вида растений, внешних условий и возраста листьев. Из большого числа разнообразных пигментов только хлорофилл *a* способен осуществлять преобразование энергии. Все остальные пигменты, в том числе и хлорофилл *b*, участвуют в процессах поглощения и миграции энергии.

Таблица 1 – Содержание фотосинтетических пигментов и фенольных соединений в листьях кустарничковых растений ($n = 12$)

Показатель	min, мг/г	max, мг/г	$\bar{C} \pm \Delta$, мг/г
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.			
Хлорофилл <i>a</i>	1,11	3,83	$2,67 \pm 0,51$
Хлорофилл <i>b</i>	0,53	2,50	$1,44 \pm 0,35$
Хлорофилл общий	1,64	6,33	$4,11 \pm 0,85$
Каротиноиды	0,31	0,85	$0,62 \pm 0,11$
Фенольные соединения	11,02	18,93	$14,18 \pm 1,65$
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.			
Хлорофилл <i>a</i>	0,83	2,77	$1,55 \pm 0,34$
Хлорофилл <i>b</i>	0,41	1,21	$0,72 \pm 0,14$
Хлорофилл общий	1,24	3,98	$2,27 \pm 0,48$
Каротиноиды	0,28	1,00	$0,52 \pm 0,12$
Фенольные соединения	9,36	25,79	$18,79 \pm 2,25$

Примечание. \bar{C} – среднее содержание; $\pm \Delta$ – доверительный интервал.

Известно, что повышенное содержания хлорофилла *b* свидетельствует о стрессовом состоянии растительного организма. Показано, что на одну часть хлорофилла *b* приходится примерно 2 части хлорофилла *a*, но в бруснике это соотношение незначительно выше, чем в чернике (рис. 2), что согласуется с данными литературы [2].

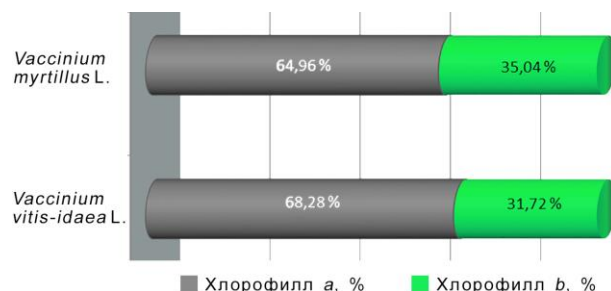


Рисунок 2 – Структура вклада форм хлорофилла в общий уровень накопления фотосинтетических пигментов в растениях брусники и черники

Каротиноиды являются вспомогательными фотосинтетическими пигментами и играют важную роль в фотосинтезе, выполняя светособирательную и фотопротекторную функции. Согласно литературным данным, каротиноидов в листьях растений приблизительно в 3 раза меньше, чем хлорофилла [2]. Содержание каротиноидов на ПП1 и ПП2, у черники не имеет достоверных различий. Обнаружено достоверное различие содержания каротиноидов у брусники, собранной с территории ПП1 и ПП2, так содержание каротиноидов у брусники ПП1 превышало содержание каротиноидов у брусники ПП2 в 1,8 раза (рис. 3).

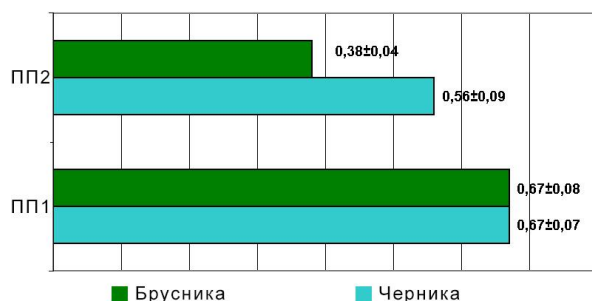


Рисунок 3 – Уровень среднего содержания каротиноидов в кустарничках Тундринского бора (ПП1 и ПП2), мг/г

Фенольные соединения являются вторичными метаболитами, образование которых свойственно любой растительной клетке. Для обоих участков наибольшее содержание простых водорастворимых фенольных соединений отмечено в листьях брусники (табл. 1).

Накопление водорастворимых фенольных соединений для листьев брусники обыкновенной, произрастающей на территории ПП1 – в 1,52 раза выше, чем для черники; на ПП2 для разных видов растений таких различий не было выявлено. Между остальными растениями двух исследованных участков, по содержанию фенольных соединений в листьях, достоверных различий не обнаружено (рис. 4).

При проведении корреляционного анализа установлена средняя степень прямой корреляции ($r = 0,4$) между содержанием фенольных соединений и хлорофилла для брусники; т.е. накопление водорастворимых фенольных соединений препятствует разрушению хлорофилла.

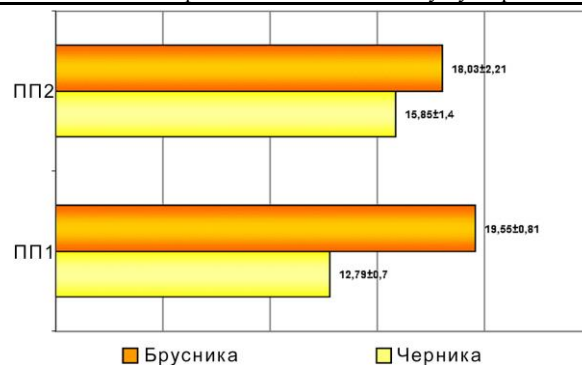


Рисунок 4 – Содержание фенольных соединений в листьях *Vaccinium myrtillus* и *Vaccinium vitis-idaea*, мг/г

Выводы

Выявлены показатели содержания биологически активных веществ у кустарничков хвойных лесов в условиях фоновой территории ХМАО. Установлено, что содержание суммарного хлорофилла колеблется в пределах от $4,11 \pm 0,85$ мг/г в листьях *Vaccinium myrtillus*, и $2,27 \pm 0,48$ мг/г – в листьях *Vaccinium vitis-idaea*. При этом на долю пула хлорофилла *a* приходится 64,96% и 68,28% от общего содержания хлорофиллов для листьев черники и брусники, соответственно. Среднее содержание каротиноидов и фенольных соединений в листьях *Vaccinium myrtillus* находилось в пределах значений $0,62 \pm 0,11$ мг/г и $14,18 \pm 1,65$ мг/г, соответственно, в листьях *Vaccinium vitis-idaea* $0,52 \pm 0,12$ мг/г и $18,79 \pm 2,25$ мг/г, соответственно. Корреляционный анализ показал наличие прямой корреляционной зависимости средней силы ($r = 0,4$) между показателями содержания хлорофилла и фенольных соединений в листьях *Vaccinium vitis-idaea*. Полученные данные о балансе биологически активных веществ у *Vaccinium myrtillus* и *Vaccinium vitis-idaea* условно чистой территории Тундринского бора могут быть использованы для сравнения с данными подобных исследований, проводимых на территориях, подверженных техногенной нагрузке для эколого-биохимического мониторинга состояния лесных экосистем.

Список литературы:

1. Голубева Е.И., Червякова А.А., Шмакова Н.Ю., Зимин М.В., Тимохина Ю.И. Видовые и фитоценологические особенности пигментного состава растений Севера // Экология. 2019. № 1. С. 6–12.
2. Титова М.С. Содержание фотосинтетических пигментов в хвое *Picea abies* и *Picea koraiensis* // Вестник Оренбургского гос. ун-та. 2010. № 12. С. 9–12.
3. Беляева Л.А. Биохимия растений: тексты лекций по разделу «Растительные вещества вторичного происхождения» для студентов биологического факультета. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2009. 108 с.
4. Капелькина Л.П., Сумина О.И. Мониторинг природных и нарушенных ландшафтов Севера России // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. Т. I. Ландшафты в XXI веке: анализ состояния, основные процессы и концепции исследований. М.: Всероссийский научно-исследовательский ин-т агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2018. С. 417–421.
5. Свириденко Б.Ф., Стариков В.П., Мурашко Ю.А., Фахрутдинов А.И., Турбина И.Н., Бордей Р.Х. Перс-

пективы участия Научно-исследовательского института экологии Севера Сургутского государственного университета в выполнении государственной программы «Социально-экономическое развитие арктической зоны российской федерации на период до 2020 года» // Северный регион: наука, образование, культура. 2015. Т. 2, № 2 (32). С. 199–209.

6. Маслובоев В.А. Долговременный опыт мониторинга промышленных загрязнений // Вестник Кольского научного центра РАН. 2009. № 1. С. 24–33.

7. Хамитова С.М., Авдеев Ю.М., Костин А.Е., Снежилова В.С. Оценка состояния деревьев и показателей почвенного плодородия в кедровых рощах Вологодской области // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2017. № 12 (135). С. 190–194.

8. Корнилов А.Л., Петухова Г.А., Коваленко А.И. Ответные биохимические реакции растений из прибрежной зоны водоемов г. Тюмени // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. С. 319.

9. Попова Е.И. Содержание пигментов фотосинтеза в антропогенных фитоценозах города Тобольска // В мире научных открытий. 2016. № 10 (82). С. 110–120.

10. Созинов О.В., Кузьмичева Н.А. Ресурсно-фитохимическая изменчивость и биоэкологическая характеристика *Vaccinium vitis-idaea* (Ericaceae) в сосняке мшистом на оротографическом градиенте (Республика Беларусь) // Растительные ресурсы. 2016. Т. 52, № 2. С. 202–214.

11. Яковлева О.В., Талипова Е.В., Кукарских Г.П., Кренделева Т.Е., Рубин А.Б. Изучение параметров флуоресценции хлорофилла в листьях травянистых растений, растущих в разных экологических условиях // Биофизика. 2005. Т. 50, № 6. С. 1112–1119.

12. Артемкина Н.А. Фенольные соединения *Vaccinium vitis-idaea* и их ответ на воздействие различных факторов окружающей среды // Химия растительного сырья. 2019. № 2. С. 59–66.

13. Брилкина А.А., Агеева М.Н., Березина Е.В., Павлова Е.Е., Мишукова И.В. Особенности накопления фенольных соединений в листьях и ягодах некоторых представителей рода *Vaccinium* из коллекции НИИ Ботанический сад Нижегородского государственного университета // Вестник Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского. 2014. № 3 (3). С. 30–34.

14. Никитина В.С., Аюпова Р.Н., Яминева Э.З. Фенольные соединения высших растений и диагностика состояния окружающей среды // Вестник Башкирского университета. 2016. Т. 21, № 2. С. 303–307.

15. Пласкина И.В., Судачкова Н.Е., Романова Л.И., Милотина И.Л. Сезонная динамика фенольных соединений в лубе и хвое сосны обыкновенной и кедр сибирского в посадках различной густоты // Химия растительного сырья. 2009. № 1. С. 103–108.

16. Тундрин: Географическая справка [Электронный ресурс] // <http://tundrino.ru>.

17. О концепции развития и функционирования системы особо охраняемых природных территорий Ханты-Мансийского автономного округа – Югры на период до 2030 года: постановление Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры от 12 июля 2013 года № 245-п [Электронный ресурс] // <http://docs.cntd.ru/document/460156102>.

18. Вавер О.Ю. Анализ ресурсного потенциала формирования региональной территориальной рекреационной системы Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // Вестник нижегородского государственного гуманитарного университета. 2009. № 4. С. 23–40.

19. Современные проблемы биохимии. Методы исследований / Е.В. Барковский, С.Б. Бокуть, А.Н. Бородинский и др. Минск: Высш. шк., 2013. 491 с.

20. Коренская И.М., Ивановская Н.П., Измалкова И.Е. Лекарственные растения и лекарственное растительное сырье, содержащие антраценпроизводные, простые фенолы, лигнаны, дубильные вещества: учеб. пособие для вузов. Воронеж, 2007. 87 с.

Исследования проведены при финансовой поддержке Департамента образования и молодежной политики Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в рамках проекта «Управление ресурсами хозяйственно-ценных видов биоты основных типов экосистем Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в условиях их техногенной трансформации».

THE BALANCE OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS POOLS AND PHENOLIC COMPOUNDS IN DWARF SHRUBS ON THE WEAKLY DISRUPTED TERRITORY

© 2019

Ustinova Marina Vyacheslavovna, candidate of biological sciences, senior researcher of Scientific and Educational Center of Institute of Natural and Technical Sciences

Kravchenko Inessa Vyacheslavovna, candidate of biological sciences, leading researcher of Scientific and Educational Center of Institute of Natural and Technical Sciences

Rusak Svetlana Nikolaevna, doctor of biological sciences, professor, head of Ecology and Biophysics Department

Yadgarova Diana Athamzhanovna, master student of Ecology and Biophysics Department

Surgut State University (Surgut, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, Russian Federation)

Abstract. The paper identifies photosynthetic pigments pools balance and phenolic compounds in suffrutescent species of *Vaccinium myrtillus* L. and *Vaccinium vitis-idaea* L. on the Tundrinsky bor territory (Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra) for the purpose of ecological and biochemical assessment of the valuable plant species status. The authors carry out a comparative analysis of the studied biochemical parameters (chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, carotenoids and phenolic compounds) of two species leaves, collected from two sample plots similar in landscape and soil and hydrological conditions of the weakly disrupted territory of the Tundrinsky bor territory. The analysis of the suffrutescent species leaves for chlorophyll content revealed the following distribution of chlorophyll pools: chlorophyll *a* – 64,96%, chlorophyll *b* – 35,04% for leaves of *Vaccinium myrtillus* and chlorophyll *a* – 68,28%, chlorophyll *b* – 31, 72% for leaves of *Vaccinium vitis-idaea*. The average content of carotenoids and phe-

nolic compounds of *Vaccinium myrtillus* leaves was $0,62 \pm 0,11$ mg/g and $14,18 \pm 1,65$ mg/g, respectively, in *Vaccinium vitis-idaea* leaves – $0,52 \pm 0,12$ mg/g and $18,79 \pm 2,25$ mg/g, respectively. The correlation analysis showed the presence of a direct average strength correlation ($r = 0,4$) between the levels of chlorophyll and phenolic compounds in the leaves of *Vaccinium vitis-idaea*.

Keywords: *Vaccinium myrtillus* L.; *Vaccinium vitis-idaea* L.; red bilberry; bilberry; suffrutescent species; chlorophylls; carotenoids; pigments; phenolic compounds; forest ecosystems; biochemical monitoring; reference site; conditionally clean territory; Tundrinsky bor.

* * *

УДК 581.527.7

DOI 10.24411/2309-4370-2019-13115

Статья поступила в редакцию 17.06.2019

ИНВАЗИИ *BIDENS FRONDOSA* L. (ASTERACEAE) В СООБЩЕСТВА ЗАСОЛЁННЫХ ПОЧВ ЮГО-ВОСТОКА ЕВРОПЫ

© 2019

Юрицына Наталья Алексеевна, доктор биологических наук,
старший научный сотрудник лаборатории проблем фитоценоза
Васюков Владимир Михайлович, кандидат биологических наук,
научный сотрудник лаборатории проблем фитоценоза
Саксонов Сергей Владимирович, доктор биологических наук, профессор, директор
Института экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского федерального
исследовательского центра РАН (г. Тольятти, Самарская область, Российская Федерация)

Аннотация. *Bidens frondosa* – инвазионный ксенофитный вид, натурализующийся в растительных сообществах на территории Юго-Востока Европы. Естественный ареал *B. frondosa* находится в Северной Америке. Вторичный ареал – на территории Евразии, здесь *B. frondosa* вытесняет аборигенную *B. tripartita*, что объясняется конкурентным превосходством североамериканского вида по темпам роста и семенной продуктивности на почвах разного плодородия и водного режима. *B. frondosa* во вторичном ареале в Евразии растет по берегам водоемов, водотоков и иным влажным, в том числе нарушенным, местообитаниям, часто встречается массово. Этот вид обнаружен и на засоленных почвах Европейского Юго-Востока. Он зарегистрирован в сообществах ассоциации *Atriplici aucheri-Tamaricetum ramosissimae* Golub et al. 1998, относящейся к классу *Nerio-Tamaricetea* Br.-Bl. et Bolòs 1958 порядку *Tamaricetalia ramosissimae* Golub in Barmin 2001 союзу *Elytrigio repentis-Tamaricion ramosissimae* Golub in Barmin 2001, в единственной из ее субассоциаций – *A.au.-T.r. althaeetosum* Golub et al. 1998, но в ней *B. frondosa* входит в число диагностических таксонов и является постоянным видом, встречаясь во всех ее описанных ценозах.

Ключевые слова: засоленные экотопы; растительные сообщества; чужеродный вид; агрофит; ксенофит; Юго-Восток Европы; дельта Волги; Волго-Ахтубинская пойма; западные подstepные ильмени; *Bidens frondosa*; Asteraceae; субассоциация *Atriplici aucheri-Tamaricetum ramosissimae althaeetosum* Golub et al. 1998.

Введение

Значительной частью глобальных природных изменений в настоящий момент является инвазия агрессивных чужеродных видов, в результате которой часто теряется биологическое разнообразие и экономическая ценность экосистем. К числу инвазионных видов, которые успешно обосновались на новой родине и сформировали широкие ареалы, принадлежит *Bidens frondosa* L. (Asteraceae), довольно активно вселяющаяся в естественные сообщества (агрофит), в том числе в рассматриваемые нами ниже галофитные комплексы.

Цель исследований – рассмотреть внедрение ксенофитного североамериканского вида *Bidens frondosa* в растительные сообщества засоленных почв Юго-Востока Европы.

Материалы и методы

Под Юго-Востоком Европы нами принимается регион, включающий: в пределах России – Республику Калмыкия, Астраханскую, Волгоградскую, Саратовскую, Самарскую и Оренбургскую (юго-западная часть) области, в пределах Казахстана – европейские части Атырауской и Западно-Казахстанской областей.

Объем совокупности единиц растительности засоленных экотопов Юго-Востока Европы соответствует первоначально приведенному для этого региона в обзоре Н.А. Юрицыной [1] и уточненному ею же в 2016 г. [2]. Классификация растительности – эколого-флористическая. Названия таксонов соответствуют Flora Europaea [3]; названия и номенклатура синтаксонов – правилам 3-го издания «International Code of Phytosociological Nomenclature» [4]. В ходе исследования выявлялись синтаксономические единицы с присутствием *Bidens frondosa* и оценивалась степень ее участия в формировании сообществ (на основе показателей обилия и константности), а также определялось распространение этих видов в сообществах засоленных экотопов в границах европейского Юго-Востока и устанавливались экологические особенности их местообитаний. В контексте статьи обилие вида в сообществе указано в соответствии с модифицированной шкалой Б.М. Миркина [5; 6]: «+» – проективное покрытие вида менее 1%, 1 балл – 1–5%, 2 балла – 6–15%, 3 балла – 16–25%, 4 балла – 26–50%, 5 баллов – более 50%; константность – в соответствии с градацией: I балл – менее 20%, II балла – 21–40%, III балла – 41–60%, IV балла – 61–80%, V баллов – 81–100%.