



УДК 581.522.4+582.477

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ НАКОПЛЕНИЯ ПЛАСТИДНЫХ ПИГМЕНТОВ В ХВОЕ
МОЖЖЕВЕЛЬНИКА ОБЫКНОВЕННОГО *JUNIPERUS COMMUNIS* L.****VARIABILITY OF PLASTID PIGMENT ACCUMULATION IN *JUNIPERUS
JUNIPERUS COMMUNIS* L. NEEDLES****Е.А. Тишкина, Л.А. Семкина
Е.А. Tishkina, L.A. Semkina***Ботанический сад УрО РАН, Россия, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а*
*Botanical Garden of the Urals Branch of the RAS, Ekaterinburg, 202^a 8 Marta St, PO, 620144, Russia**E-mail: elena.mlob1@yandex.ru; lidia.semkina@botgard.uran.ru*

Ключевые слова: Juniperus communis L., хлорофиллы, каротиноиды, сезонная динамика.
Key words: Juniperus communis L., chlorophyll, carotins, seasonal dynamics.

Аннотация. Для характеристики состояния *Juniperus communis* L. наряду с морфометрическими показателями проведено исследование сезонной динамики накопления фотосинтетических пигментов в хвое в созданных в 2007 г. интродукционных популяциях (в Ботаническом саду УрО РАН и на окраине лесопарка им. Лесоводов России). Уровень накопления пигментного состава в хвое можжевельника обыкновенного, а также их процентное соотношение на обоих участках идентичен. Максимальное накопление пигментов наблюдается в летние месяцы, затем идет постепенное снижение накопления хлорофилла а и b, и изменяется соотношение этих пигментов, от 1.23 – в летний период, до 1.1 – в зимний. Годичная динамика каротиноидов в течение года изменяется в меньшей степени (в пределах 0.43–0.83 мг/г сырого веса).

Resume. To evaluate the state *Juniperus communis* L. populations created in 2007 (in the Botanical Garden and at the Lesovodov Rossii park forest of Ekaterinburg) concurrent with the analysis of morphometric indices we investigated seasonal dynamics in the accumulation in the needles of photosynthetic pigments. The levels of the pigments accumulation and their percentage were similar in both sites. Maximum accumulation was observed in summer months, then a and b chlorophyll accumulation gradually decreased, the ratio changed from 1.23 (summer) to 1.1 (winter). Carotenoid annual dynamics changed less.

Введение

Можжевельник обыкновенный из всех вечнозеленых растений имеет самый широкий ареал, встречается во всех частях света. Кроме того, он является одним из самых долгоживущих, в среднем его возраст достигает 500–800 лет, но имеются данные, что в Латвии найдены экземпляры в возрасте до 2000 лет [Хантемиров и др., 1999]. Можжевельник обыкновенный морфологически очень полиморфен, у него встречаются различные жизненные формы – от дерева-кустарника до стелющихся форм. Приспособительные особенности этого вида очень велики, так как он встречается почти во всех типах леса, и экологическая амплитуда его разнообразна. По аллозимному составу не найдено различий между изолированными популяциями, а также между древесными и кустарниковыми формами [Хантемирова, Семериков, 2009].

Изучение физиологических механизмов приспособления и их изменчивости очень важно для характеристики состояния растений. Интенсивность и продуктивность фотосинтеза во многом зависит от количественных показателей пигментов. В связи с этим было проведено исследование особенностей сезонной динамики накопления хлорофиллов и каротиноидов в хвое можжевельника обыкновенного.

Объекты и методы исследования

В 2007 году из семян можжевельника обыкновенного, собранных в Государственном Башкирском заповеднике, создана интродукционная популяция на окраине лесопарка им. Лесоводов России в разреженном сосновом древостое. Сеянцы выращены при укрытии и в 3-х летнем возрасте высажены на постоянное место. Второй участок находится на территории Ботанического сада УрО РАН. Растения выращены из черенков, взятых в 2000 году в Шалинском районе Свердловской области.

Для определения количественного состава пигментов брали не менее трех навесок хвои 2-х летнего возраста с южной стороны кроны на высоте 1.3 м у пяти экземпляров можжевельника обыкновенного. У каждой особи можжевельника проводили замеры высоты, диаметра кроны в двух взаимноперпендикулярных направлениях, диаметра их корневой шейки и угла



отхождения боковых ветвей. Для определения объема кроны использовали формулу объема пирамиды [Красова, 1999].

Определение хлорофиллов a/b и каротиноидов проводили прямым спектрофотометрированием на спектрофотометре Odyssey DR/2500 (НАСН, США) в период с января по декабрь 2014 года. Экстрагирование пигментов проводили 100% ацетоном. Навеску (0.5 гр.) свежего материала тщательно измельчали в фарфоровой ступке со стеклянным порошком и 5 мл ацетона, с целью получения усредненного образца. Для нейтрализации органических кислот вносили небольшое количество $CaCO_3$. Спектрофотометрирование проводили в кювете с толщиной слоя 1 см, при длине волны 644, 662 и 440 нм в трех повторностях.

Расчеты концентрации пигментов в вытяжке проводили по следующим формулам:

$$\begin{aligned} C_{\text{хл.а}} &= 9.784 \times E_{662} - 0.990 \times E_{644} \text{ (мг/л)} \\ C_{\text{хл.б}} &= 21.426 \times E_{644} - 4.650 \times E_{662} \text{ (мг/л)} \\ C_{\text{хл.а+хл.б}} &= 5.134 \times E_{662} + 20.436 \times E_{644} \text{ (мг/л)} \\ C_{\text{кар.}} &= 4.75 \times E_{440} - 0.226 \times C_{\text{хл(а+б)}} \end{aligned}$$

Содержание каждого пигмента (после расчета концентрации пигментов в вытяжке) с учетом объема экстракта и навески определяли по формуле:

$$X = (C \times V) / (P \times 1000),$$

где X – содержание пигмента, мг/г сырого веса; C – концентрация пигмента мг/мл; V – объем экстракта, мл; P – навеска хвои, г.

Результаты и их обсуждение

Растения в интродукционной популяции, произрастающие в лесопарке им. Лесоводов России, имеют форму дерева и варьируют по высоте от 1.4 до 2 м, в Ботаническом саду растения также имеют форму дерева и высоту от 1.34 до 1.72 м (табл. 1).

Таблица 1
Некоторые морфологические показатели можжевельника *Juniperus communis* L.

Some morphological indices of *Juniperus communis* L.

Table 1

№ п/п	Высота, м	Диаметр корневой шейки, см	Угол отхождения ветвей, град.	Объем кроны, м ³
Лесопарк им. Лесоводов России				
1	1.82	2.49	55	0.111
2	1.59	2.15	70	0.006
3	1.66	1.72	60	0.076
4	1.39	2.31	60	0.070
5	2	2.69	30	0.227
среднее ($\bar{X} \pm m_x$)	1.69±0.1	2.27±0.16	55±6.71	0.1±0.04
коэфф. вариации (V)	13.7	16.2	27.3	83.1
Ботанический сад УрО РАН				
1	1.72	2.1	120	0.175
2	1.34	1.84	80	0.082
3	1.57	2.58	70	0.091
4	1.45	1.92	90	0.133
5	1.41	2.56	65	0.103
среднее ($\bar{X} \pm m_x$)	1.5±0.07	2.2±0.16	85±9.75	0.12±0.02
коэфф. вариации (V)	10	15.9	25.6	32.4

Достаточные различия и по диаметру корневой шейки. По рассчитанному объему кроны особенно отличается особь №5, произрастающая в лесопарке им. Лесоводов России.

Полученные данные по динамике изменения фотосинтетических пигментов в хвое можжевельника обыкновенного свидетельствуют о типичных изменениях для вечнозеленых растений [Герлинг, 2010; Яцко и др., 2009]. Максимальное содержание пигментов наблюдается в летний период (рис. 1, 2), затем идет постепенное равномерное снижение как хлорофилла а, так и хлорофилла б до октября.

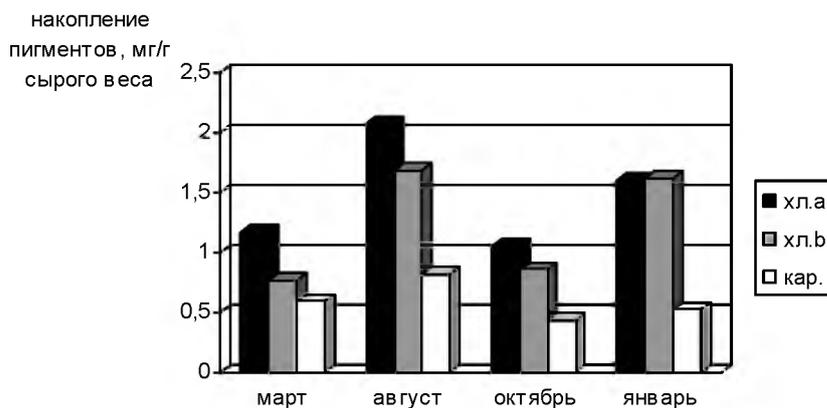


Рис. 1. Сезонная динамика накопления пигментов в хвое можжевельника обыкновенного (лесопарк им. Лесоводов России)
 Fig. 1. Seasonal dynamics in pigment accumulation in *Juniperus communis* L. needles (Russian Foresters Park Forest)

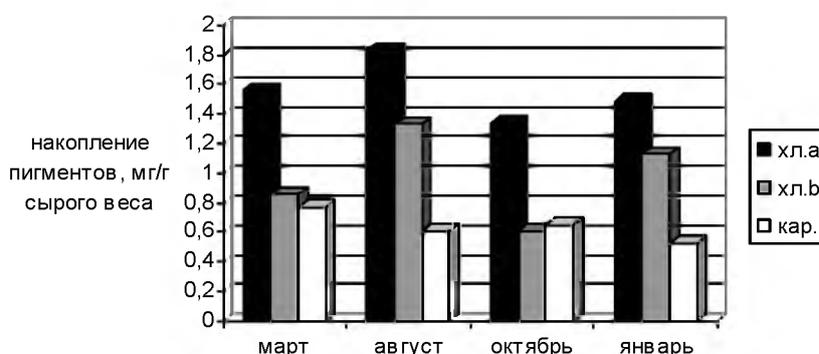


Рис. 2. Сезонная динамика накопления пигментов в хвое можжевельника обыкновенного, произрастающего на территории Ботанического сада УрО РАН
 Fig. 2. Seasonal dynamics in pigment accumulation in *Juniperus communis* L. needles (Botanical Garden, RAS Ural Div)

Уровень накопления пигментного состава в хвое можжевельника обыкновенного, а также их процентное соотношение на обоих участках идентичен (табл. 2). Годичная динамика каротиноидов в течение года изменяется в меньшей степени (в пределах 0.43–0.82 мг/г сырого веса).

Таблица 2

Процентное соотношение пигментов в хвое можжевельника обыкновенного в течение года

Table 2

Percentage of pigments in *Juniperus communis* L. needles during a year

Накоплене пигмента	Январь	Март	Август	Октябрь
Лесопарк им. Лесоводов России				
Хлорофилла а, %	43	46	46	45
Хлорофилла в, %	43	30	37	36
Каротиноидов, %	14	24	17	19
Ботанический сад УрО РАН				
Хлорофилла а, %	47	49	49	51
Хлорофилла в, %	36	27	35	24
Каротиноидов, %	17	24	16	25

В октябре отмечается некоторое увеличение накопления пигментов в результате неблагоприятных погодных условий 2014 г. (16 октября выпал снег, затем через две недели он растаял, и установилась положительная теплая погода +2–4° и растения отреагировали на эти стрессовые ситуации). Также изменилось накопление хлорофиллов а и в, что отразилось на соотношении этих пигментов, от 1.23 в летний период до 1.1 – в зимний. В связи с этим можно констатировать, что количественный и качественный состав фотосинтетических пигментов может служить диагностическим признаком состояния древесных растений. Подобные данные приведены в работах следующих авторов [Титова, 2013; Федяев, 2002].

Максимальное содержание хлорофиллов отмечено в августе (3.75 мг/г) и значительно отличается от количества его, например, в марте (1.94 мг/г) (табл. 3). Различия составили 1.81 мг/г (НСР_{0.95}=1.65). Доля влияния времени года на этот показатель составила 54.2%, генотипа –



22.6%, случайные отклонения – 23.2%. Следовательно, наследственный фактор в данном случае не влиял на динамику накопления пигментов.

Таблица 3

Индивидуальная изменчивость накопления хлорофиллов в хвое можжевельника обыкновенного по месяцам (лесопарк им. Лесоводов России)

Table 3

Individual variability of chlorophyll accumulation *Juniperus communis* L. needles in various months (Russian Foresters Park Forest)

№ особи	Накопления хлорофиллов, мг/г			Накопления хлорофиллов, %		Соотношение хлорофилла a/b
	a	b	a + b	a	b	
	$\bar{X} \pm m_x$			V		
март						
1	1±0.13	0.74±0.36	1.74±0.49	23.3	85.6	1.35
2	1.35±0.06	0.8±0.14	2.15±0.2	7.3	31.1	1.68
3	0.97±0.13	0.76±0.21	1.73±0.34	22.4	48.1	1.27
4	1.68±0.41	1.07±0.6	2.75±0.47	42.4	96.3	1.57
5	0.84±0.06	0.48±0.07	1.32±0.13	13.3	25	1.75
среднее	1.17±0.16	0.77±0.28	1.94±0.44	21.7	57.2	1.52
август						
1	1.45±0.03	1.27±0.07	2.72±0.1	3.5	9.2	1.14
2	1.64±0.27	1.3±0.44	2.94±0.71	28.9	59.1	1.26
3	3.27±0.23	2.47±0.37	5.74±0.6	11.9	26.2	1.32
4	2.12±0.15	1.81±0.12	3.93±0.27	11.9	11.1	1.17
5	1.91±0.49	1.53±0.41	3.44±0.9	44.4	46.1	1.24
среднее	2.08±0.23	1.68±0.28	3.76±0.51	20.1	30.3	1.23
октябрь						
1	0.96±0.17	0.82±0.19	1.78±0.36	29.9	40.7	1.17
2	1.35±0.17	1.15±0.26	2.60±0.43	22	38.8	1.17
3	0.97±0.13	0.86±0.21	1.83±0.33	23.4	43	1.13
4	1.31±0.09	1.01±0.10	2.32±0.19	17.6	32.9	1.30
5	0.96±0.06	0.72±0.07	1.68±0.13	10.3	16.8	1.33
среднее	1.11±0.12	0.91±0.17	2.02±0.29	20.6	34.4	1.22
декабрь						
1	1.12±0.11	0.95±0.10	2.07±0.21	17.4	17.5	1.18
2	1.09±0.14	0.73±0.23	1.82±0.37	21.7	54.8	1.49
3	1.19±0.22	1.21±0.35	2.40±0.57	32.6	50.6	0.98
4	1.75±0.60	1.70±0.92	3.45±1.52	59.8	93.6	1.03
5	1.48±0.23	1.36±0.28	2.84±0.51	27.1	35.8	1.09
среднее	1.33±0.26	1.19±0.38	2.52±0.64	31.7	50.5	1.15

Заключение

1. Ритмика накопления хлорофилла и каротиноидов в хвое можжевельника обыкновенного согласуется с другими вечнозелеными видами хвойных. Максимальное содержание отмечено в августе, затем постепенное снижение, но уровень поддержания пигментов в зимнее время довольно высок, в основном за счет хлорофилла а.

2. Индивидуальная изменчивость отдельных особей велика и хаотична, не подчиняется строгой закономерности накопления пигментов по месяцам.

3. По количественному содержанию пигментов на обоих участках также не обнаружено различий, хотя растения должны быть генетически разнородны.

Список литературы References

1. Герлинг Н.В. 2010. Структура и фотосинтез хвои видов р. *Juniperus* на Северо-Востоке европейской части России. Автореф. дис... канд. биол. наук. Сыктывкар, 20.

Gerling N.V. 2010. Struktura i fotosintez hvoi vidov r. *Juniperus* na Severo-Vostoke evropejskoj chasti Rossii [The structure and photosynthesis of *Juniperus* needles in the Northeast of European part of Russia]. Abstract. dis. ... cand. biol. sciences. Syktyvkar, 20. (in Russian)

2. Красова Н.Г., Жданов В.В., Долматов Е.А., Можар Н.В. 1999. Семечковые культуры (яблоня, груша, айва). В кн.: Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел, ВНИИСПК: 253–299.



Krasova N.G., Zhdanov V.V., Dolmatov E.A., Mozhar N.V. 1999. Pip cultures (apple tree, pear tree, quince). In: Programma i metodika sortoizuchenija plodovyh, jagodnyh i orehoplodnyh kul'tur [Program and methods of studies of fruit, baccate and nuciferous cultures]. Oryol, VNIISPК: 253–299. (in Russian)

3. Титова М.С. 2013. Особенности фотосинтезирующей активности хвои интродуцированных видов *Picea A. Dietr.* в дендрарии горнотаежной станции. Фундаментальные исследования, (11): 128–132.

Titova M.S. 2013. Peculiarities of photosynthesing activity of needles of *Picea A. Dietr* species introduced in the arboretum of the mountain taiga station. Fundamentalnie issledovania [Fundamental research], (11): 128–132. (in Russian)

4. Федяев В.В. 2002. Соотношение дыхательных путей у растений с разной устойчивостью к дефициту элементов минерального питания. Автореф. дис... канд. биол. наук. Уфа, 21.

Fedyayev V.V. 2002. Sootnoshenie dyhatel'nyh putej u rastenij s raznoj ustojchivost'ju k deficitu jelementov mineral'nogo pitaniija [The ratio of airway in plants with various resistance to the deficiency of elements of mineral nutrition]. Abstract. dis. ... cand. biol. sciences. Ufa, 21. (in Russian)

5. Хантемиров Р.М., Шиятов С.Г., Горланова Л.А. 1999. Дендроклиматический потенциал можжевельника сибирского. Лесоведение, (6):33–38.

Khantemirov R.M., Shiyatov S.G., Gorlanova L.A. 1999. Dendroclimatic potential of *Juniperus sibirica*. Lesovedenie [Russian Journal of Forest Science], (6): 33–38. (in Russian)

6. Хантемирова Е.В., Семериков В.Л. 2009. Аллозимный полиморфизм разновидностей можжевельника обыкновенного. Лесоведение, (1): 74–77.

Khantemirov R.M., Semericov V.L. 2009. Allozyme polymorphism of varieties of *Juniperus communis* L. Lesovedenie [Russian Journal of Forest Science], (1): 74–77. (in Russian)

7. Яцко Я.Н., Дымова О.В., Головки Т.К. 2009. Пигментный комплекс зимне- и вечнозеленых растений в подзоне средней тайги европейского Северо-Востока. Ботанический журнал, 94 (12): 1812–1820.

Yatsko Ya.N., Dymova O.V., Golovko T.K. 2009. Pygment complex of winter- and evergreen plants in the subzone of middle taiga in the european North-East. Botanicheskij zhurnal [Botanical Journal], 94 (12): 1812–1820. (in Russian)