

УДК 581.1:581.132.1:582.475

*Динамика фотосинтезирующей активности хвои *Picea ajanensis* и *Picea Smithiana* в условиях зелёной зоны г. Уссурийска*

Титова Марина Сергеевна, Розломий Наталья Геннадьевна

Горнотаежная станция им. В.Л. Комарова ДВО РАН, с. Горно-Таежное,
Уссурийский район, Приморский край, Россия

Аннотация. Исследована динамика содержания фотосинтетических пигментов в хвое дальневосточного вида – ели аянской *Picea ajanensis* (Lindl. et Gord.) Fisch. и интродуцированной в пределах зелёной зоны г. Уссурийска (дендрарий Горнотаежной станции) - ели гималайской *Picea Smithiana* Boiss. Установлено, что по сумме фотосинтетических пигментов интродуцент уступает местному виду. Полученные данные расширяют представления о пигментном комплексе интродуцированных хвойных видов и могут быть использованы для диагностики состояния их фотосинтетического аппарата.

Ключевые слова: пигменты, интродуцент, хлорофилл, каротиноиды, хвоя.

UDC 581.1:581.132.1:582.475

*Features photosynthesizing activity in needles *Picea ajanensis* and *Picea Smithiana* in the town forests in Ussuriisk*

Titova M.S., Rozlomi N.G.

Mountain-Taiga Station FEB of the Russian Academy of Sciences,
Primorye region, Ussuriisk, Russia.

Abstract: The content and the ratio of exchange photosynthetic pigments in the needles of *Picea ajanensis* and *Picea Smithiana* were investigated in the town forests in Ussuriisk . It is established that the amount of photosynthetic pigments of introduce species is inferior to the local species. These data extend the idea of the pigment complex of introduced coniferous species and can be used to diagnose the state of photosynthetic apparatus.

Key words: pigments, introducent, chlorophyll, carotenoids, needles.

Введение

Роль интродукции растений на современном этапе ее развития достаточно многосторонняя. Это и направление развития ботанической науки, своеобразный раздел экспериментальной ботаники, практические результаты которой помогают прояснить те или иные вопросы теоретической ботаники. Это и источник экспериментального материала для

многих сельскохозяйственных наук, в первую очередь для селекции растений. Это и способ удовлетворения материальных и культурных потребностей человечества, поскольку все культивируемые растения, в том числе и декоративные, являются интродуцентами. Это и один из методов изучения растения вне естественных мест обитания (*ex situ*), которому в последнее время придается особое значение в программе сохранения разнообразия растений [1].

Выживание интродуцентов в новых местообитаниях возможно при их успешной адаптации к комплексу природно-климатических условий района интродукции [2]. Природные условия юга Приморского края, определяются муссонным климатом. В таких условиях затяжная весна, пасмурное, с большим количеством туманов и осадков начало лета, суровая (сравнительно с европейской частью страны) с холодными северными ветрами зима, оказывают лимитирующее действие на нормальное развитие растений-интродуцентов. Насаждения зеленой зоны г. Уссурийска разнообразны, но особую ценность для городской среды представляют хвойные растения, обладающие высокой декоративностью, фитонцидностью и неприхотливостью к условиям произрастания [1]. Однако многие из них являются очень чувствительными к ряду загрязняющих веществ. Тем не менее, известно, что некоторые виды хвойных отличаются высокой устойчивостью к техногенному загрязнению, среди них можно отметить сосну обыкновенную, которая не только отличается высокими декоративными качествами, но и способна противостоять действию токсичных газов

В связи с этим, большое значение при исследовании состояния растений имеет изучение пластичности фотосинтетического аппарата, его способности приспосабливаться к изменяющимся внешним условиям. Известно, что одним из показателей реакции растений на изменение факторов внешней среды, степени их адаптации к новым экологическим условиям является содержание хлорофиллов и каротиноидов – главных фоторецепторов фотосинтезирующей клетки [3].

Цель

Исследовать сезонную количественную оценку параметров накопления фотосинтетических пигментов в хвое *Picea ajanensis* (Lindl. et Gord.) Fisch. и *Picea Smithiana* Boiss. и выявление на биохимическом уровне адаптивных механизмов интродуцента в условиях зелёной зоны г. Уссурийска (дендрарий Горнотаёжной станции).

Объекты и методы исследования

Объектом исследования явились хвойные породы в возрасте 45-50 лет дендрария Горнотаёжной станции ДВО РАН (Уссурийский район, Приморский край). Сезонную динамику содержания фотосинтетических пигментов в хвое изучали в паре «дальневосточный вид – интродуцент», соответственно, ель аянская – ель гималайская.

Родиной ели гималайской или как ее еще называют ели Смита являются Западные Гималаи (произрастает на высоте 2000-3000 м над уровнем моря). Она требовательна к теплу и влажности воздуха и почвы; сильно страдает от засух. Чувствительна к пыли и дыму. Выносит низкие температуры до $-15-18^{\circ}$.

Количество хлорофиллов a , b и сумму каротиноидов определяли спектрофотометрическим методом с использованием методических разработок [4]. Образцы хвои второго года отбирали в трехкратной повторности в течение года. Далее в лабораторных условиях получали вытяжку пигментов в ацетоне. Экстракты пигментов фильтровались вакуумным способом. Оптические плотности пигментных вытяжек определяли с помощью однолучевого автоматизированного спектрофотометра СФ-56 (ЛОМО) по центрам поглощения: для хлорофиллов a и b – 644 и 662 нм, для каротиноидов – 440,5 нм.

Основой расчета концентрации пигментов хлоропластов служили формулы Веттштейна для 100% -ного ацетона:

$$\begin{aligned}C_a &= 9,78 \times D_{662} - 0,99 \times D_{644}, \\C_b &= 21,42 \times D_{644} - 4,65 \times D_{662}, \\C_{a+b} &= 5,13 \times D_{662} + 20,43 \times D_{644}, \\C_{кар} &= 4,69 \times D_{440,5} - 0,268 (C_{a+b}),\end{aligned}$$

где C – концентрация хлорофиллов a , b и каротиноидов в мг/л, D – оптическая плотность в центрах поглощения пигментов 440,5; 644 и 662 нм.

Содержание пигментов в хвое вычислялось по формуле:

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

где A – содержание пигмента в мг на 1 г сырой навески, C – концентрация пигмента в мг/л (после расчета по формулам 1, 2, 3, 4), V – объем вытяжки пигмента (мл), P – навеска хвои (г).

Результаты исследований

Для оценки биологического потенциала ели гималайской с точки зрения интродукции и акклиматизации на юг Приморского края нами была исследована динамика накопления фотосинтетических пигментов в двухлетней хвое. В качестве эталона, параллельно проводили сравнительное изучение работы пигментного комплекса хвои ели аянской, являющейся дальневосточным видом.

Согласно полученным данным, максимум накопления хлорофилла a у ели аянской был отмечен в январе (1,35 мг/г сырого веса), у ели гималайской зафиксированы два скачка нарастания «главного» хлорофилла - в июле (1,12 мг/г) и в октябре-ноябре (1,04 и 1,05 соответственно). Как видно из рис. 1 для местного вида наблюдается тенденция накопления данного пигмента в весенне-летние месяцы и его резкое снижение в ноябре-декабре. У интродуцента основной процесс накопления пигмента приходится на конец

лета – начало осени. На рис. 2 представлена динамика содержания хлорофилла *b* двух изучаемых видов. Как следует из представленных результатов, в среднем содержание этого пигмента у дальневосточного вида больше (0,71 мг/г), чем у интродуцента (0,53 мг/г).

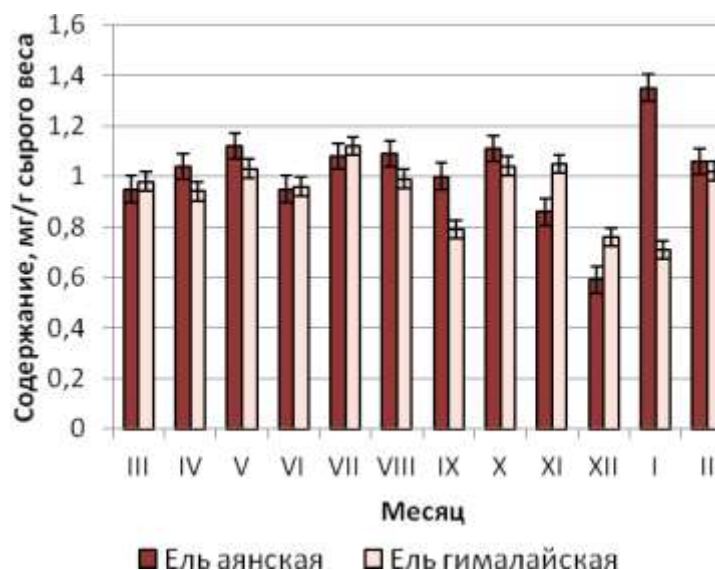
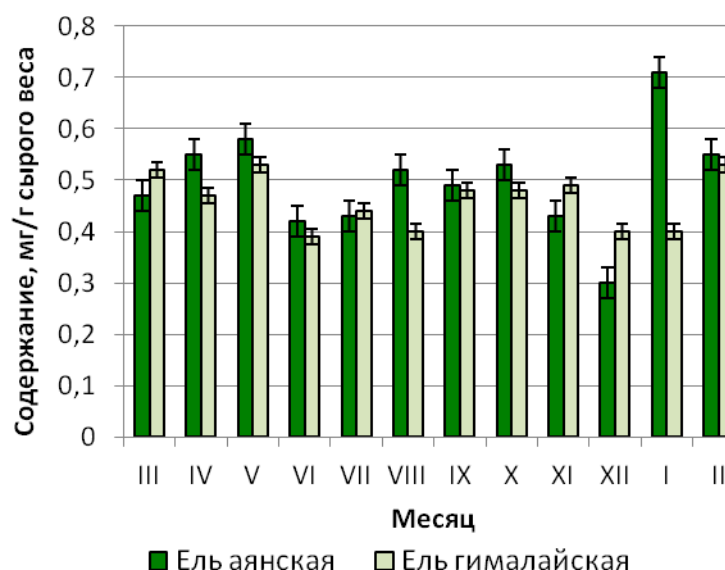


Рисунок 1 – Сезонная динамика содержания хлорофилла *a* в двухлетней хвое ели аянской и ели гималайской

Процесс накопления хлорофилла *b* у двух видов ели начинался в январе. Снижение содержания зеленых пигментов в конце весны – начале лета связаны с началом роста хвои. К осени, когда ростовые процессы у ели замедляются, концентрация пигментов в хвое увеличивается. Именно этим фактом можно объяснить максимальные значения.



*Рисунок 2– Сезонная динамика содержания хлорофилла *b* в двухлетней хвое ели аянской и ели гималайской*

Одним из информативных показателей, характеризующий работу фотосинтетического аппарата является отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* (*a/b*). Это отношение связано с активностью «главного» хлорофилла *a*, чем оно больше, тем интенсивнее фотосинтез. В норме этот показатель должен соответствовать 2,2-3,0. В двухлетней хвое местного вида это отношение варьировало от 1,89 (апрель) до 2,51 (июль). У интродуцента ели гималайской оно изменялось в пределах от 1,65 (сентябрь) до 2,53 (июль). Наши результаты показывают, что наиболее стабильно фотосинтетический аппарат двух видов елей работал летом и в начале осени (таблица).

Среднее отношение хлорофиллов (*a/b*) у ели гималайской выше (2,24), чем у ели аянской (2,15). Можно предположить, что по этому показателю интродуцированный вид прошел успешную адаптацию к природным условиям дендрария Горнотаежной станции [5].

Отношение суммы хлорофиллов к каротиноидам (*a+b/каротиноиды*) играет не менее важную роль при характеристике работы фотосинтетического аппарата. Это соотношение в норме стабильно и очень чутко реагирует на изменения различных факторов среды.

Таблица – Сезонная динамика содержания пигментов (мг/г сырого веса) и их соотношение в хвое ели аянской (над чертой) и ели гималайской (под чертой)

Время сбора образцов	Содержание				Отношение	
	Хлорофилл <i>a</i>	Хлорофилл <i>b</i>	Каротиноиды	Сумма пигментов	Хл. <i>a</i> +Хл. <i>b</i> / каротиноиды	Хл. <i>a</i> / Хл. <i>b</i>
Весна	<u>1,03±0,08</u>	<u>0,53±0,03</u>	<u>0,27±0,05</u>	<u>1,83±0,09</u>	<u>5,78</u>	<u>1,94</u>
	0,98±0,04	0,51±0,03	0,28±0,02	1,77±0,06	5,32	1,92
Лето	<u>1,04±0,07</u>	<u>0,46±0,04</u>	<u>0,24±0,01</u>	<u>1,74±0,12</u>	<u>6,25</u>	<u>2,26</u>
	1,02±0,08	0,41±0,02	0,24±0,03	1,67±0,10	5,96	2,49
Осень	<u>0,99±0,04</u>	<u>0,48±0,02</u>	<u>0,29±0,03</u>	<u>1,76±0,18</u>	<u>5,07</u>	<u>2,06</u>
	0,96±0,01	0,48±0,01	0,27±0,04	1,71±0,13	5,33	2,00
Зима	<u>1,00±0,07</u>	<u>0,52±0,09</u>	<u>0,30±0,04</u>	<u>1,82±0,15</u>	<u>5,07</u>	<u>1,92</u>
	0,83±0,04	0,44±0,07	0,27±0,04	1,54±0,08	4,70	1,89
Среднее значение	<u>1,01±0,07</u>	<u>0,5±0,04</u>	<u>0,3±0,03</u>	<u>1,8±0,14</u>	<u>5,5</u>	<u>2,0</u>
	0,93±0,04	0,46±0,03	0,26±0,03	1,7±0,09	5,3	1,9
Существование различия, <i>t</i> (сосна обыкновенная)	<u>2,7</u> 2,4	<u>3,1</u> 2,2	<u>3,1</u> 2,7	<u>3,3</u> 3,0	<u>2,9</u> 2,0	<u>3,4</u> 2,6

В целом, приведенные данные (табл.) указывают, что с наступлением зимы (конец ноября-декабрь) у двух видов отмечали тенденцию к уменьшению соотношения $(a+b/\text{каротиноиды})$, что свидетельствует о снижении светособирающей функции пигментного комплекса под воздействием неблагоприятных температурных условий зимы. Существенность различия у ели аянской практически по всем показателям превышает порог ($t=3$), однако хлорофилл «а» устойчив к атмосферному загрязнению, как у ели аянской, так и у ели гималайской. У ели гималайской существенность различия ниже пороговой величины по содержанию хлорофиллов «а» и «в» и по содержанию каротиноидов, что свидетельствует о том, что ель гималайская более газоустойчива, чем ель аянская.

Важным составляющим пигментной системы хвойных являются каротиноиды. Исследование количественного содержания каротиноидов в хвое интродукта и местного вида показало, что это довольно динамичный показатель. График накопления каротиноидов имеет вид многовершинной кривой. Как видно из рисунка 3, для двух видов наблюдалась общая тенденция накопления желтого пигмента с октября. Максимальные показатели содержания каротиноидов в хвое ели аянской нами были отмечены в январе (0,34 мг/г) и марте (0,33 мг/г).

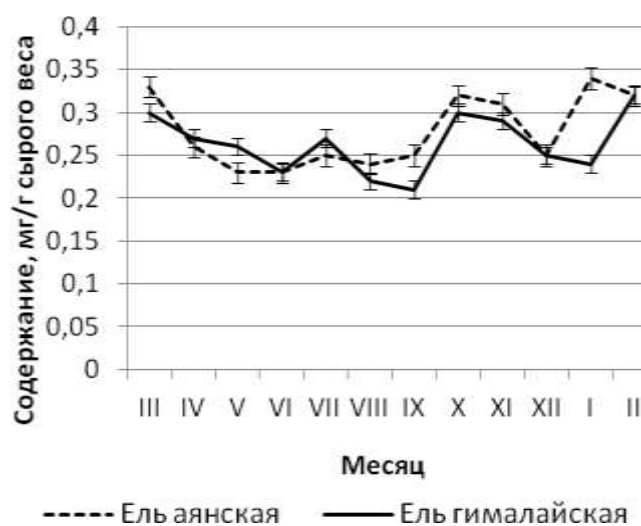


Рисунок 3 – Сезонная динамика содержания каротиноидов в двухлетней хвое ели аянской и ели гималайской

Согласно полученным данным, у ели гималайской наблюдаются два скачка нарастания концентрации каротиноидов – в октябре-ноябре и феврале-марте, максимум зафиксирован в январе – 0,32 мг/г. Относительно высокий уровень каротиноидов в поздне-осеннее и зимнее время года объясняется адаптивной реакцией, направленной на повышение

устойчивости фотосинтетического аппарата, предотвращение фотодинамической деструкции в холодное время года.

Выводы

На основе полученных экспериментальных данных выявлены сезонные различия в содержании хлорофиллов и каротиноидов и динамике их накопления в хвое ели аянской и ели гималайской, произрастающих в дендрарии Горнотаежной станции.

Установлено, что фонд пигментов подвержен изменению в течение года и зависит от фазы годичного цикла, погодных условий сезона, влагообеспеченности и др. Так, общее количество пигментов у ели аянской изменяется в пределах 1,14 – 1,96 мг/г сырого веса, для интродуцента это значение варьирует от 1,35-1,87 мг/г.

Таким образом, с точки зрения пигментных показателей по уровню активности фотосинтетического аппарата у ели гималайской наблюдается стабильность в работе пигментного комплекса, но по уровню накопления пигментов этот вид уступает местному, т.е. оба вида очень перспективны для создания культур в условиях зелёных зон городов юга Приморского края.

Spisok literaturey

1. Karpun Yu.N. *Osnovy intriduktsii rastenii*. [The main problems of introduction]. // Hortus botanicus, 2, 2004. – P. 17-32.
2. Basilevskaya N.A. *Teoriya i metody intriduktsii rasteniy* [Theory and methods of plant introduction]– М.: Moscow University Press, 1964. – 131 p.
3. Tuzhilkina V.V. *Reaktsiya pigmentnoy sistemy khvoynykh na dlitelnoe aerotekhnogennoe zagryaznenie*. [Reaction of conifers' pigment system to long aerotechnogenic pollution] // Ecology. – 2009. № 4. – P. 243-248.
4. Shlyk A.A. *Opredelenie khlороfillov i karotinoidov v ekstraktakh zelenykh listev* [Determination of chlorophylls and carotinoids in green leaves extracts] // Biochemical methods in plant physiology. – М.: Nauka, 1971. – P. 154-170.
5. Titova M.S. *Sostoyanie fonda fotosinteticheskikh pigmentov dalnevostochnykh i introdutsirovannykh khvoynykh porod v usloviyakh dendrariya Gornotaezhnoy stantsii* [The state fund of photosynthetic pigments in the Far Eastern and introduced conifers in the arboretum of the Mountain-Taiga Station FEB RAS] // Biological investigation in Mountain-Taiga Station. Issue 12. Introduction and rational use of the plant resources of South Primorye. – Vladivostok: Dalnauka, 2011. – P. 131-140.