

УДК 581.192:582.47

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ СЕЗОННОЙ И ВОЗРАСТНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛОВ В ХВОЕ ДЕРЕВЬЕВ *ABIES SIBIRICA*

В.З. Латыпова, О.В. Силкина, А.И. Винокуров, Р.И. Винокурова

Аннотация

Проведено комплексное исследование фотосинтезирующей активности хвои деревьев *Abies sibirica*, произрастающих в темнохвойных лесах Республики Марий Эл. Дана оценка содержания хлорофиллов в хвое в сезонной и возрастной динамике, выявлены общие закономерности процесса накопления зеленых пигментов в хвое.

Ключевые слова: елово-пихтовые насаждения, фотосинтезирующая активность, содержание хлорофиллов.

Введение

Современное состояние окружающей среды и проблемы охраны природы требуют постоянного совершенствования методов организации и проведения мониторинга. В качестве объектов мониторинга часто используются фотосинтезирующие органы наиболее распространенных и чувствительных к загрязнению видов растений. Особое внимание при этом уделяется выбору максимально информативных тестов (параметров), характеризующих, прежде всего, функциональное состояние древесного растения.

Выявление и подбор наиболее информативных параметров «нормального» роста и развития растения с целью их использования в качестве эталона сравнения при изучении негативного влияния антропогенных факторов, а также прогнозирования и создания благоприятных оптимальных условий произрастания весьма актуальны.

Основными показателями состояния большинства экосистем, в том числе лесных, являются физиологические характеристики входящих в них организмов. Оценку физиологического состояния растений проводят по параметрам роста и развития. Продукционный потенциал растительного организма оценивают с учетом степени активности фотосинтетического аппарата, который тесно взаимосвязан с пигментным составом и накоплением биомассы листьев или хвои. В работах И.А. Тарчевского и Ю.Е. Андрияновой [1] показано, что с помощью данных о пигментном составе фотосинтезирующих органов можно определять потенциальную продуктивность лесного фитоценоза.

Целью данной работы является выявление общих закономерностей сезонной и возрастной изменчивости содержания хлорофиллов в хвое деревьев *Abies sibirica*.

Табл. 1

Лесоводственно-таксационная характеристика древостоя пробной площади (ПП)

Состав древостоя	Класс бонитета	Относительная полнота	$A_{\text{ср}}$, лет	$H_{\text{ср}}$, м	$D_{\text{ср}}$, см	Общий запас, м ³ /га	ТЛУ, тип леса
3Е5П2Лп+Б	I	0.67	65	20.1	20.6	330	Д ₂ , ЕЛпК

Объекты и методы исследования

Объектом исследований служили естественные елово-пихтовые насаждения, расположенные на фоновых территориях Республики Марий Эл (РМЭ). Отбор проб проводился на семи пробных площадях (ПП), заложенных в Оршанском, Советском, Мари-Турекском, Новоторъяльском, Сернурском лесхозах РМЭ. Лесоводственно-таксационная характеристика ПП приведена в работе Р.И. Винокуровой с соавторами [2].

Исследования сезонной динамики фотосинтетических пигментов в хвое деревьев *Abies sibirica* проводили на ПП, заложенной в 31-й квартале (выдел 6) Кортинского лесничества Учебно-опытного лесхоза Марийского государственного технического университета (табл. 1). Краткие сведения о ПП (латинские названия даются по П.Ф. Маевскому): Тип леса – ельник липовый, кисличный, состав древостоя 3Е5Пх2Лп+Б, возраст 65 лет, полнота 0.67, класс бонитета I, ТЛУ – Д₂. Подрост: 3Е5П2Лп, 10–15 лет, $H = 1.5$ м, равномерный, средней густоты (6 тыс. шт./га).

Почва коричнево-бурая лесная лессированная легкосуглинистая. Степень покрытия живым напочвенным покровом (ЖНП) 80%. Преобладают кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.) – сор², пролесник многолетний (*Mercurialis perrenis* L.) – сор¹, сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.) – сор¹, борец высокий (*Aconitum excelsum* L.) – сор¹, крапива двудомная (*Urtica dioica* L.) – сор¹, копытень европейский (*Asarum europaeum* L.) – сор¹, хвощ лесной (*Equisetum silvaticum* L.) – ср, звездчатка ланцетовидная (*Stellaria holostea* L.) – ср, чистотел большой (*Chelidonium majus* L.) – сол, будра плющевидная (*Glechoma hederacea* L.) – сол.

Отбор проб проводили с деревьев (40–50 лет) *Abies sibirica* в течение всего календарного 2004 года с интервалом в 2 недели. Пробы отбирали в одни и те же утренние часы. Для лабораторного изучения срезали ветви из верхней, средней и нижней частей кроны деревьев и растений подроста в 4-х геодезических направлениях с последующим делением на побеги 1-го, 2-го, 3-го, 4-го и 5-го года закладки.

Определение содержания хлорофилла *a* (Хл*a*) и хлорофилла *b* (Хл*b*) в хвое проводили путем экстрагирования 80%-ным раствором ацетона с последующим измерением оптической плотности экстракта на спектрофотометре на длинах волн 649 и 665 нм. Концентрацию пигментов рассчитывали по уравнениям Верона [3] в мг/г сух. вещества.

Табл. 2

Содержание хлорофиллов в хвое первого года вегетации деревьев *Abies sibirica* в ходе сезонной динамики

Месяц вегетации	Содержание хлорофиллов, мг/г					Хл <i>a</i> / Хл <i>b</i>
	Хл <i>a</i>		Хл <i>b</i>		Хл <i>a</i> + Хл <i>b</i>	
май	2.04	± 0.06	0.55	± 0.02	2.59	3.71
июнь	1.57	± 0.05	0.53	± 0.02	2.10	2.96
июль	1.33	± 0.05	0.44	± 0.01	1.77	3.02
август	1.29	± 0.03	0.61	± 0.02	1.90	2.11
сентябрь	1.34	± 0.03	0.57	± 0.02	1.91	2.35
октябрь	1.26	± 0.03	0.57	± 0.02	1.83	2.21
ноябрь	1.23	± 0.04	0.58	± 0.02	1.81	2.12
декабрь	1.23	± 0.03	0.45	± 0.02	1.68	2.73

Табл. 3

Среднее содержание хлорофиллов в хвое первого года вегетации деревьев *Abies sibirica*

Показатель	\bar{X}	m_x	σ	X_{\min}	X_{\max}	N	V
Хл <i>a</i>	1.37	0.04	0.12	1.23	2.04	42	9
Хл <i>b</i>	0.53	0.03	0.09	0.45	0.61	42	17
Хл <i>a</i> / Хл <i>b</i>	2.72	0.18	0.53	2.11	3.68	42	19
Хл <i>a</i> + Хл <i>b</i>	1.88	0.05	0.16	1.59	2.10	42	9

Примечание: \bar{X} – среднее; m_x – стандартная ошибка; σ – стандартное отклонение; X_{\min} – минимальное значение; X_{\max} – максимальное значение; N – число измерений; V – коэффициент вариации, %.

Результаты и их обсуждение

В средних и северных широтах хвоя выходит из почки в мае с колебаниями в 2–3 недели, таким образом, ее вегетационный год не совпадает с календарным. Поэтому при определении возраста хвои за начало отсчета принималось начало вегетационного года, то есть май месяц.

Особый интерес представляет исследование содержания хлорофиллов в хвое первого года вегетации деревьев *Abies sibirica* и его накопительная динамика в процессе формирования и развития хвои. Хвою первого года вегетации отбирали с мая месяца (сразу после выхода из почки) по декабрь.

Данные по количественному содержанию Хл *a* и Хл *b* в хвое 1-го года вегетации взрослых деревьев *Abies sibirica* статистически обработаны и представлены в табл. 2.

Общее содержание хлорофиллов в хвое 1-го года вегетации в среднем составляет 1.88 мг/г, Хл *a* – 1.37 мг/г, Хл *b* – 0.53 мг/г. При этом величина соотношения Хл *a* / Хл *b* в среднем равна 2.72. Изменчивость содержания Хл *a* в хвое текущего года *Abies sibirica* в ходе сезонной динамики характеризуется низким коэффициентом вариации ($V=9\%$). Для Хл *b* коэффициент вариации составляет $V=17\%$, что соответствует среднему уровню изменчивости (табл. 3).

Разница в коэффициентах вариации может отражать функциональные особенности Хл *a* и Хл *b*. Хлорофилл *b*, являясь дополнительным пигментом, сильнее реагирует на изменения условий окружающей среды и стрессовые воздействия.

Количество хлорофиллов a и b в начальный период формирования молодой хвои, первые пробы которой были взяты в мае вскоре после выхода ее из почки, было достаточно высоким, далее это содержание постепенно снижалось, увеличиваясь лишь в августе месяце.

В осенне-зимний период вегетации имеет место дальнейшее снижение содержания хлорофиллов до уровня 1.23 мг/г сух. вещества (табл. 2). Динамика изменения общего содержания хлорофиллов в целом коррелирует с характером изменения содержания Хл a и Хл b .

Содержание Хл a в хвое 1-го года вегетации *Abies sibirica* в начале вегетационного сезона составляет 2.04 мг/г сух. вещества. Достаточно высокое содержание Хл a в молодой формирующейся хвое в мае, по-видимому, вызвано активным синтезом данного пигмента в хлоропластах в начале вегетационного сезона для последующего активного фотосинтеза.

В летний период (июнь – август) содержание данного пигмента уменьшается до величины 1.29 мг/г сух. вещества. В сентябре выявляется незначительный подъем в содержании Хл a в хвое текущего года *Abies sibirica*, который сохраняется на протяжении всего осеннего периода (сентябрь – октябрь). По-видимому, такое содержание Хл a обеспечивает оптимальную интенсивность фотосинтеза для накопления пластических веществ при переходе древесных растений в период зимнего покоя [4]. В ноябре – декабре отмечено минимальное содержание (1.23 мг/г) Хл a в хвое 1-го года вегетации.

Содержание Хл b в мае составляет 0.55 мг/г. В летний период (июнь – август) наблюдается незначительное снижение Хл b . В конце августа месяца отмечено максимальное содержание Хл b в хвое *Abies sibirica* 1-го года вегетации (0.61 мг/г). После августа содержание Хл b практически не изменяется. В осенний период (сентябрь – ноябрь), количество Хл b находится в пределах 0.57–0.58 мг/г, то есть процесс фотосинтеза остается на достаточно высоком уровне и при снижении общего количества солнечной радиации. С этим связана стабилизация содержания Хл b в этот период. Подобная зависимость описана у хвойных, произрастающих в подзоне Средней тайги [5].

В декабре наблюдается некоторое снижение содержания Хл b до 0.45 мг/г. По данным [6], разрушение основных форм пигментов в хвое *Picea obovata* в холодное время года связано с разрушением зеленых пигментов в результате действия стресса низких температур. Величина отношения Хл a / Хл b является важным показателем, характеризующим состояние фотосинтетического аппарата молодой хвои деревьев *Abies sibirica*, в начале вегетационного сезона она максимальна и составляет 3.71.

В хвое 1-го года вегетации в мае интенсивнее накапливается Хл a , так как активизируется синтез органических веществ в ходе ростовых процессов. Далее в течение сезона (июнь – ноябрь) в молодой хвое соотношение содержания зеленых пигментов снижается до 2.11.

В декабре эта величина вновь увеличивается и составляет 2.73. Повышенная величина соотношения хлорофиллов a и b в декабре объясняется низким содержанием Хл b в хвое в зимний период.

Табл. 4

Содержание хлорофиллов в хвое второго года вегетации деревьев *Abies sibirica* в ходе сезонной динамики

Месяц вегетации	Содержание хлорофиллов, мг/г				Хл <i>a</i> + Хл <i>b</i>	Хл <i>a</i> / Хл <i>b</i>
	Хл <i>a</i>		Хл <i>b</i>			
май	2.15	± 0.08	0.96	± 0.04	3.11	2.23
июнь	2.14	± 0.09	0.92	± 0.04	3.06	2.33
июль	1.86	± 0.07	0.72	± 0.03	2.58	2.58
август	1.91	± 0.07	0.78	± 0.03	2.69	2.45
сентябрь	1.99	± 0.08	0.74	± 0.03	2.73	2.69
октябрь	1.97	± 0.08	0.79	± 0.03	2.76	2.49
ноябрь	1.91	± 0.08	0.83	± 0.03	2.71	2.38
декабрь	1.74	± 0.07	0.69	± 0.03	2.43	2.52
январь	1.25	± 0.04	0.34	± 0.01	1.59	3.67
март	1.11	± 0.04	0.49	± 0.02	1.60	2.26

Табл. 5

Среднее содержание хлорофиллов в хвое второго года вегетации деревьев *Abies sibirica*

Показатель	\bar{X}	m_x	σ	X_{\min}	X_{\max}	N	V
Хл <i>a</i>	1.99	0.05	0.15	1.11	2.15	42	8
Хл <i>b</i>	0.77	0.03	0.08	0.34	0.96	42	10
Хл <i>a</i> / Хл <i>b</i>	2.56	0.04	0.13	2.33	2.72	42	5
Хл <i>a</i> + Хл <i>b</i>	2.76	0.07	0.22	2.33	3.06	42	8

Таким образом, выявлены определенные закономерности в изменении общего и раздельного содержания Хл *a* и Хл *b* в ходе вегетационного периода хвои 1-го года вегетации деревьев *Abies sibirica*. В начале вегетационного сезона происходит значительное увеличение содержания хлорофиллов в хвое, затем наступает постепенное снижение их содержания.

Среднее содержание Хл *a* и Хл *b* в хвое 2-го года вегетации почти в 1.5 раз выше, чем в хвое 1-го года вегетации, и составляет 1.99 и 0.77 мг/г соответственно (табл. 4 и 5). Отношение содержания пигментов в хвое 2-го года вегетации практически такое же, как и для хвои 1-го года вегетации, варьирует незначительно и характеризуется низким уровнем изменчивости ($V = 5\%$).

В целом можно отметить аналогичные закономерности изменения Хл *a* и Хл *b*, а также общего содержания хлорофиллов в ходе сезонной динамики хвои 1-го и 2-го годов вегетации. После зимнего периода покоя происходит значительное увеличение содержания хлорофиллов в весенний период (апрель – май). В июле уже наблюдается значительное снижение содержания Хл *a* с последующим повышением в августе – сентябре. В период зимнего покоя содержание Хл *a* минимально.

В отличие от хвои 1-го года вегетации, в хвое 2-го года наибольшее содержание Хл *b* (0.96 мг/г) наблюдается в мае. Минимальное значение содержания Хл *b* (0.34 мг/г) зафиксировано в январе.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что характер изменчивости содержания хлорофиллов *a* и *b* в хвое 1-го и 2-го годов вегетации аналогичен. Наибольшее содержание хлорофиллов установлено для начального

Табл. 6

Среднее содержание хлорофиллов в хвое 3–4-го года вегетации деревьев *Abies sibirica* в ходе сезонной динамики

Показатель	X	m_x	σ	X_{\min}	X_{\max}	N	V
3-й год вегетации							
Хл a	2.51	0.09	0.27	1.93	2.89	42	11
Хл b	0.91	0.05	0.16	0.63	1.10	42	18
Хл $a / \text{Хл } b$	2.78	0.11	0.34	2.02	3.13	42	12
Хл $a + \text{Хл } b$	3.42	0.15	0.41	2.56	3.99	42	12
4-й год вегетации							
Хл a	2.40	0.10	0.31	1.84	2.92	42	13
Хл b	0.83	0.05	0.15	0.53	1.05	42	18
Хл $a / \text{Хл } b$	2.95	0.09	0.27	2.51	3.47	42	9
Хл $a + \text{Хл } b$	3.23	0.15	0.46	2.37	3.97	42	14

периода вегетации, далее в ходе сезонной динамики оно варьирует незначительно. Хвоя 2-го года вегетации во многом сохраняет признаки молодой развивающейся хвои, фотосинтетическая активность в ней находится на достаточно высоком уровне.

С целью проведения градации зрелости хвои по общему уровню содержания в ней фотосинтетических пигментов изучено изменение содержания Хл a и Хл b в ходе сезонной динамики развития хвои 3-го и 4-го годов вегетации деревьев *Abies sibirica* (табл. 6). При этом отмечено, что в 3-й и 4-й год вегетации в хвое не только не происходит распада хлорофиллов, но и наблюдается увеличение их содержания. Отношение Хл $a / \text{Хл } b$ в хвое 3-го и 4-го годов вегетации практически такое же, как и для хвои 1-го года вегетации. Оно варьирует незначительно и характеризуется низким уровнем изменчивости ($V = 9\text{--}12\%$).

Характер изменения содержания Хл a , Хл b и общего содержания хлорофиллов в хвое 3-го и 4-го годов вегетации аналогичен динамике изменения суммы содержания зеленых пигментов в хвое 1–2 годов вегетации. Максимальное значение Хл a наблюдается в мае, с июня по январь отмечается снижение количества данного пигмента. Минимальное значение содержания Хл a отмечено в марте. Содержание Хл b изменяется аналогично характеру изменения содержания Хл a и максимально в начале сезона вегетации. Следует отметить, что увеличение содержания хлорофиллов после периода зимнего покоя (май) для хвои 3-го и 4-го годов вегетации более значительное (в 2.5 раза), чем для хвои 1-го и 2-го годов. Общее количество хлорофиллов в хвое 3–4 годов вегетации в 1.5 раза превышает общий уровень содержания фотосинтетических пигментов в хвое 1–2 годов вегетации. Это может указывать на то, что хвоя 3–4 годов вегетации является более зрелой и вносит наибольший вклад в фотосинтетическую продуктивность хвойного растения данного вида.

Содержание хлорофиллов a и b в более поздней хвое *Abies sibirica* 5-го года вегетации в течение всего сезона (с января по декабрь) представлено в табл. 7.

Табл. 7

Содержание хлорофиллов в хвое 5-го года вегетации деревьев *Abies sibirica* в ходе сезонной динамики

Месяц вегетации	Содержание хлорофиллов, мг/г				Хл <i>a</i> + Хл <i>b</i>	Хл <i>a</i> / Хл <i>b</i>
	Хл <i>a</i>		Хл <i>b</i>			
май	3.97	± 0.12	1.40	± 0.06	5.37	2.82
июнь	2.69	± 0.08	1.09	± 0.05	3.78	2.61
июль	2.09	± 0.04	0.74	± 0.03	2.83	2.59
август	2.14	± 0.05	0.82	± 0.03	2.96	2.67
сентябрь	2.05	± 0.04	0.79	± 0.03	2.84	2.39
октябрь	2.08	± 0.09	0.78	± 0.02	2.86	2.68
ноябрь	1.91	± 0.08	0.80	± 0.03	2.71	2.84
декабрь	1.85	± 0.08	0.69	± 0.03	2.54	2.36
январь	1.90	± 0.06	0.67	± 0.03	2.57	2.84
март	1.77	± 0.05	0.75	± 0.03	2.52	2.47

Табл. 8

Среднее содержание хлорофиллов в хвое пятого года вегетации деревьев *Abies sibirica*

Показатель	\bar{X}	m_x	y	X_{\min}	X_{\max}	N	V
Хл <i>a</i>	2.25	0.09	0.27	1.77	2.69	42	12
Хл <i>b</i>	0.85	0.04	0.12	0.67	1.09	42	14
Хл <i>a</i> / Хл <i>b</i>	2.63	0.06	0.17	2.36	2.84	42	6
Хл <i>a</i> + Хл <i>b</i>	3.09	0.13	0.38	2.52	3.78	42	12

Среднее содержание Хл *a* в хвое 5-го года вегетации составляет 2.25 мг/г, Хл *b* – 0.85 мг/г, что выше их среднего содержания в хвое 1-го и 2-го года вегетации, но несколько ниже (в 1.2 раза), чем в хвое 3-го и 4-го года вегетации (табл. 8).

Как следует из табл. 8, для хвои 5-го года вегетации деревьев *Abies sibirica* обнаруживаются возрастные изменения. Об этом свидетельствует и средняя величина отношения Хл *a* / Хл *b* в хвое 5-го года вегетации (2.63): она близка к характерной для хвои 2-го года вегетации, но ниже, чем для хвои 1-го, 3-го и 4-го годов. Это указывает на более быструю деградацию фонда Хл *a* по сравнению с фондом Хл *b* и является качественным показателем общего спада содержания хлорофиллов в хвое поздних лет, связанного с наступлением периода естественного отмирания хвои. Исследование сезонной динамики количественных характеристик фонда зеленых пигментов в хвое *Abies sibirica* всех лет вегетации показывает, что в весенний период зафиксировано максимальное содержание хлорофиллов, которое снижается в июне и не изменяется в осенне-зимний период. В марте содержание хлорофиллов в хвое минимально.

Возрастная динамика содержания фотосинтетических пигментов в хвое деревьев *Abies sibirica* с мая по март имеет ряд общих закономерностей. Так, на протяжении всего сезона общее содержание Хл *a* в хвое 3–4 годов значительно выше, чем в хвое первых и последующих лет вегетации.

На рис. 1 представлено изменение содержания Хл *a* в хвое 1–5 годов вегетации деревьев *Abies sibirica* в течение сезона.

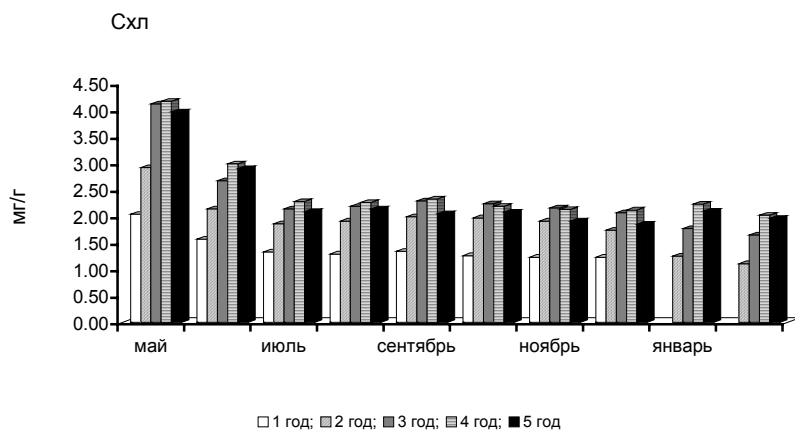


Рис. 1. Изменение содержания хлорофилла *a* в хвое деревьев *Abies sibirica* в ходе сезонной динамики

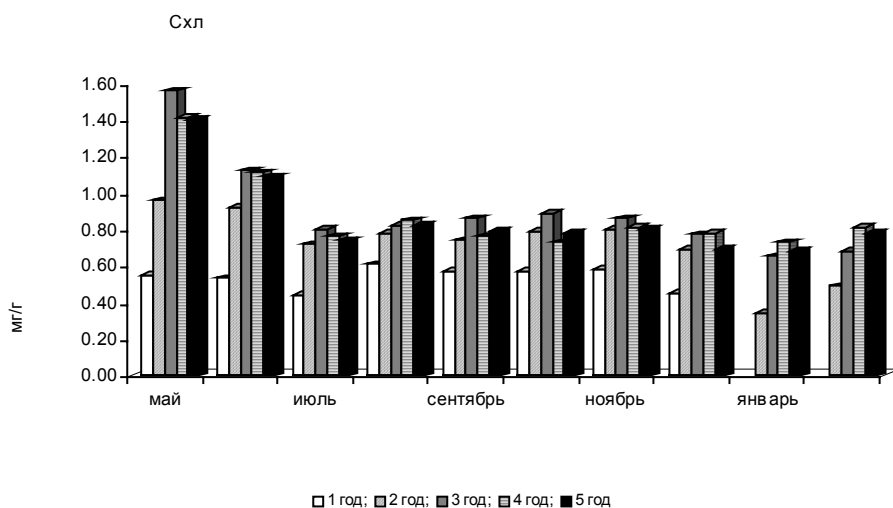


Рис. 2. Изменение содержания хлорофилла *b* в хвое деревьев *Abies sibirica* в ходе сезонной динамики

Содержание Хл *b* также максимально в хвое 3–4 годов вегетации, однако отмечено, что в период начала вегетации и в осенние месяцы (сентябрь – ноябрь) содержание дополнительного фотосинтетического пигмента в хвое 4-го года деревьев *Abies sibirica* несколько ниже, чем в хвое 3-го года. Возможно, это связано с разрушением фонда Хл *b* в более поздней хвое в период окончания вегетационного сезона (рис. 2).

Характер изменения величины Хл *a* / Хл *b* в ходе сезона для хвои 2–5 годов вегетации практически одинаков. Такой «скачкообразный» характер изменения отношения Хл *a* / Хл *b*, по-видимому, отражает общую динамику изменения содержания отдельных фотосинтетических пигментов в хвое деревьев *Abies sibirica*. Распределение среднего содержания зеленых пигментов в хвое *Abies sibirica* в сезонной динамике представлено на рис. 3.

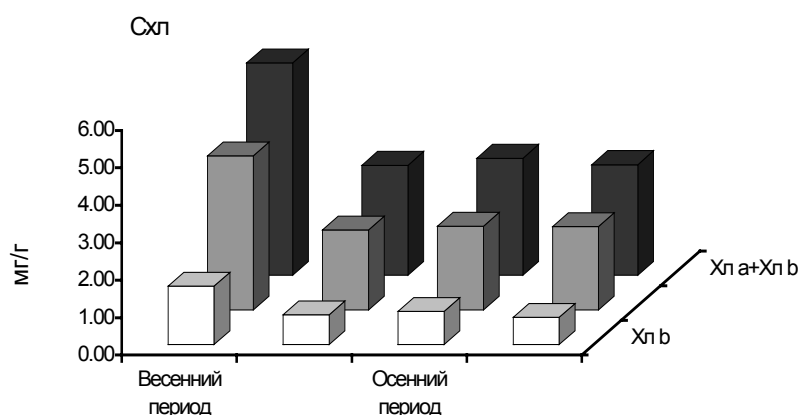


Рис. 3. Среднее содержание хлорофиллов в хвое деревьев *Abies sibirica* 2–5 годов вегетации в сезонной динамике

Значительные изменения в динамике содержания хлорофиллов в хвое деревьев *Abies sibirica* отмечаются в течение всего года. Весной в период вегетативного роста (май) наблюдается относительно высокое содержание пигментов. Летом (с июня по август) в период интенсивного прироста хвои и начала репродуктивного роста побегов общее количество хлорофиллов уменьшается. Осенью (с сентября по ноябрь) синтез и накопление зеленых пигментов в хвое продолжается, а в молодой хвое (1–2 годы вегетации) даже усиливается. В зимний период (декабрь – январь) отмечено снижение общей суммы хлорофиллов в хвое разных лет вегетации.

Заключение

Выявлены основные закономерности в изменении содержания Хл *a* и Хл *b* и их общего содержания в ходе вегетационного периода хвои 1-го года вегетации деревьев *Abies sibirica*. В начале вегетационного сезона происходит значительное увеличение содержания хлорофиллов в хвое. Затем их содержание снижается вплоть до начала следующего вегетационного сезона.

Среднее содержание Хл *a* и Хл *b* в хвое 2-го года вегетации почти в 1.5 раз выше, чем в хвое 1-го года вегетации. Отношение содержания пигментов в хвое 2-го года вегетации практически такое же, как и для хвои 1-го года вегетации.

Хвоя 3-го и 4-го годов вегетации характеризуются наибольшим содержанием хлорофиллов, по-видимому, в силу большего вклада в процесс синтеза и накопления органического вещества. Хвоя 5-го года жизни характеризуется некоторым снижением количества Хл *a* и Хл *b* по сравнению с хвоей 3–4 годов вегетации, что может свидетельствовать о понижении интенсивности фотосинтеза в связи с наступлением возрастных изменений.

Полученные данные могут быть использованы в региональной нормативной базе при оценке качества елово-пихтовых насаждений и их экологического состояния и при организации мониторинговых исследований по повышению продуктивности естественных и культурных фитоценозов.

Summary

V.Z. Latypova, O.V. Silkina, A.I. Vinokurov, R.I. Vinokurova. The General Laws of Seasonal and Age-Specific Variability of Chlorophylls Concentration in Needles of *Abies sibirica* Trees.

A complex research of photosynthesizing activity of *Abies sibirica* tree needles has been carried out for dark coniferous woods of Mary El Republic. An estimation of chlorophyll concentration in needles is presented in terms of seasonal and age-specific dynamics. The general laws of green pigment accumulation process in needles are revealed.

Key words: *Abies sibirica*, photosynthesizing activity, chlorophylls concentration.

Литература

1. Андриянова Ю.Е., Тарчевский И.А. Хлорофилл и продуктивность растений. – М.: Наука, 2004. – 135 с.
2. Винокурова Р.И., Андриянова О.В., Волкова И.Ю. и др. Роль растений елово-пихтовых лесов в миграции химических элементов. – Йошкар-Ола: Мар. гос. техн. ун-т, 2002. – 196 с.
3. Третьяков Н.Н. Практикум по физиологии растений. – М.: Агропромиздат, 1990. – 172 с.
4. Ходасевич Э.В. Фотосинтетический аппарат хвойных (онтогенетический аспект). – Минск: Наука и техника, 1982. – 200 с.
5. Тужилкина В.В., Ладанова Н.В., Плюснина С.Н. Влияние техногенного загрязнения на фотосинтетический аппарат сосны // Экология. – 1998. – № 2. – С. 89–93.
6. Новицкая, Ю.Е., Манцирева Л.В., Трубинов Г.И. Годичная динамика пигментов пластид у ели в елово-лиственных насаждениях севера // Устойчивость растений к низким положительным температурам и заморозкам и пути ее повышения. – Петрозаводск, 1970. – С. 110–115.

Поступила в редакцию
26.11.08

Латыпова Венера Зиннатовна – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной экологии Казанского государственного университета.
E-mail: ryvenera@yandex.ru

Силкина Ольга Владимировна – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры химии Марийского государственного технического университета, г. Йошкар-Ола.

Винокуров Александр Иванович – кандидат химических наук, профессор кафедры химии Марийского государственного технического университета, г. Йошкар-Ола.

Винокурова Раиса Ибрагимовна – доктор биологических наук, профессор кафедры химии Марийского государственного технического университета, г. Йошкар-Ола.
E-mail: vinri@mail.ru