

УДК 630\*232.411.11

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.2.31

## **АССИМИЛЯЦИОННЫЙ АППАРАТ ЕЛИ В КУЛЬТУРАХ НА ДОЛГОМОШНОЙ ВЫРУБКЕ**

*Н.Р. Сунгурова, канд. с.-х. наук, доц.*

*В.Н. Коновалов, д-р с.-х. наук, проф.*

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова,

наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002;

e-mail: nsungurova@yandex.ru

На ранней стадии развития древостоя о жизнеспособности и потенциальных возможностях формирования ценных лесных насаждений можно судить по характеристикам развития и функционального состояния ассимиляционного аппарата деревьев. Изучен ассимиляционный аппарат 36-летних культур ели, произрастающих на долгомошной вырубке в северной подзоне тайги Архангельской области. Определена масса хвои различного возраста, формирующаяся в разных частях кроны. Установлены морфологические и биометрические показатели фотосинтетического аппарата. В среднем долговечность хвои составляет 10,7 лет в еловых культурах, созданных между рядами культур сосны, и 7,7 лет – в культурах, созданных на открытом месте. Причем в верхней части кроны продолжительность жизни фотосинтетического аппарата составляет 4,0...8,0, в средней – 9,5...10,5, в нижней – 9,5...13,5 лет в зависимости от местопроизрастания. Сравнивая биометрические показатели хвои ели, высаженной на участках с разными способами обработки почвы, можно заключить, что растения, располагающиеся на микроповышениях, имеют лучшие условия роста в данном типе леса и, следовательно, обладают наивысшими показателями по длине, ширине, толщине и площади хвоинки. Одной из важных характеристик продукционного процесса фитоценозов является листовой индекс, который считается наиболее удобной величиной для сравнения продуктивности биогеоценозов. Этот показатель во многом определяет степень трансформации лесными фитоценозами факторов среды и фотосинтетическую деятельность растений. Каждый тип фитоценоза характеризуется определенным показателем листового индекса древесной растительности. В литературных источниках отмечается, что по мере продвижения на север, а также с ухудшением дренажа и увеличением избыточного увлажнения величина поверхности листьев снижается. В изучаемых нами искусственно созданных молодняках ели индекс листовой поверхности равен 2,17...15,68 га/га, что указывает на правильно подобранную технологию создания лесных культур в данных лесорастительных условиях. Для насаждений созданы благоприятные условия, в которых они развиваются, достигая по производительности показателей, близких к зеленомошной группе средней подзоны тайги.

*Ключевые слова:* культуры ели, ассимиляционный аппарат, хвоя, крона, листовой индекс, биометрические показатели.

### *Введение*

На ранней стадии развития древостоя о жизнеспособности и потенциальных возможностях формирования ценных насаждений можно судить по

характеристикам развития и функционального состояния ассимиляционного аппарата деревьев [10].

Одной из основных характеристик ассимиляционного аппарата является возраст хвои на ветвях. Длительность жизни хвои сильно варьирует и по типам леса, и внутри насаждения от дерева к дереву, и в кроне каждого дерева. Длина хвои как биометрический показатель сравнительно часто применяется в исследованиях при выявлении влияния экологических факторов на рост и производительность насаждений [1]. Этот показатель в достаточной мере отражает благоприятность условий произрастания и весьма чувствителен к изменениям окружающей среды. Как известно, хвоя активно реагирует на изменение водного режима насаждений. Длина хвои находится в прямой зависимости от содержания в ней макро- и микроэлементов, а также концентрации в почве элементов минерального питания [12]. Одной из важных характеристик продукционного процесса фитоценозов является листовой индекс, т. е. отношение поверхности листьев к единице площади. Этот показатель во многом определяет степень трансформации лесными фитоценозами факторов среды и фотосинтетическую деятельность растений [2, 4, 11, 16, 17]. По мнению ряда авторов [3, 13, 15], листовой индекс удобен для сравнения продуктивности биогеоценозов.

Целью работы было изучение ассимиляционного аппарата 36-летних культур ели, произрастающих на долгомошной вырубке в северной подзоне тайги Архангельской области.

#### *Материалы и методы*

Изучение ассимиляционного аппарата проводилось нами в 36-летних искусственных еловых молодняках на долгомошной вырубке в северной подзоне тайги Архангельской области. Исследованы следующие варианты создания лесных культур: 1) 2-летние сеянцы ели, высаженные по пластам чередованием с рядами сосны (схема Е-С-Е-С-Е-С); 2) 2-летние сеянцы ели, высаженные по фрезерованным полосам чередованием с культурами сосны (схема Е-С-Е-С-Е-С); 3) 3-летние сеянцы ели, высаженные по фрезерованным полосам на открытом участке вырубки; 4) 2-летние сеянцы ели, высаженные по пластам на открытом участке вырубки. Характеристика 36-летних культур приведена в табл. 1.

При изучении ассимиляционного аппарата использовали рекомендации А.Р. Родина, М.Д. Мерзленко (1983), Н.И. Базилевича и др. (1978), методики П.А. Феклистова и др. (1997), К.С. Бобковой и др. (1993). Для исследования в каждом варианте из разных ступеней толщины отбирали 10 модельных деревьев, крону которых размечали на три равные части (верхнюю, среднюю и нижнюю). Затем от каждой части отбирали среднюю по диаметру у основания и длине ветвь, с которой обрывали всю хвою по годам.

Таблица 1

## Характеристика 36-летних культур ели

Вариант опыта	Высота, м	Диаметр, см	Количество, шт./га	Запас, м <sup>3</sup> /га	Класс бонитета
1	7,1	8,0	3228	75	III
2	5,3	5,7	1734	46	IV
3	3,5	3,8	1496	34	V
4	4,8	6,0	2948	53	IV

Оборванную хвою подсчитывали и взвешивали на электронных технических весах с точностью  $\pm 10$  мг, определяли массу средней хвоинки. Длину, ширину и толщину хвоинки измеряли электронным штангенциркулем с точностью  $\pm 0,01$  мм. Данные о размерах хвоинок использовали для определения их площади:

$$S = 5,14L \left( \frac{a + \frac{b}{2}}{2} \right),$$

где  $S$  – площадь хвоинки, мм<sup>2</sup>;

$L$  – длина хвоинки, мм;

$a$  – толщина хвоинки, мм;

$b$  – ширина хвоинки, мм.

Сухую массу хвои и влажность хвои определяли термостатным методом.

*Результаты исследований и их обсуждение*

Долговечность хвои в еловых культурах, созданных между рядами культур сосны, в среднем составляет 10,7 лет (табл. 2), в культурах, созданных на открытом месте, – 7,7 лет. Причем в верхней части кроны продолжительность жизни фотосинтетического аппарата ниже и в зависимости от местопрорастания равняется 4,0...8,0 лет, тогда как в средней – 9,5...10,5, в нижней – 9,5...13,5 лет. Ф.Н. Дружинин [6], изучая ассимиляционный аппарат в производных еловых лесах южной подзоны тайги, установил, что продолжительность жизни хвои в нетронутых древостоях, а также в насаждениях, пройденных рубками ухода, составляет 12 лет; при полной уборке листового полога она сокращается до 8 лет. Г.А. Кононюк [8], исследуя искусственные и естественные еловые насаждения г. Архангельска, отметила, что продолжительность жизни хвои ели в центре города составляла около 5 лет, в пригородных лесах (ельник черничный) – 8...9 лет. По наблюдениям Г.С. Тутыгина, Ю.И. Поташевой [14] в еловых искусственных насаждениях 56–62-летнего возраста средней подзоны тайги продолжительность жизни хвои колеблется от 9 до 14 лет.

Проведение исследований биометрических показателей хвои лесных культур, выращенных в различных вариантах их создания, необходимо в целях прогнозирования роста и развития древостоя.

Таблица 2

Вариант опыта	Масса хвои (в числителе – в граммах, в знаменателе – в процентах) возраста, лет														Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	13,75	14,38	13,00	8,48	5,24	3,06	1,64	1,08	0,35	0,42	0,36	0,21	0,06	-	61,59
2	20,7	23,1	20,6	14,1	9,1	5,3	2,9	1,94	0,8	1,0	0,8	0,6	0,2	-	22,05
3	5,27	5,34	4,07	2,54	1,42	1,11	0,99	0,58	0,38	0,56	0,33	0,18	0,22	0,17	23,3
4	24,4	23,7	18,1	11,5	6,3	5,1	4,7	2,6	1,7	2,2	2,0	1,1	1,4	1,1	35,23
	6,53	5,73	3,72	2,18	2,14	1,44	0,87	0,42	0,23	0,06	-	-	-	-	
	33,3	27,2	16,7	9,6	8,4	5,8	3,4	1,6	0,9	0,2	-	-	-	-	
	9,53	8,80	6,71	2,90	2,52	1,72	1,03	1,01	0,37	0,55	0,1	-	-	-	
	30,8	27,5	21,0	8,2	6,8	4,6	2,8	2,6	1,0	1,6	0,3	-	-	-	

Для хвои ели отмечена закономерность, согласно которой размеры хвои 2- и 3-го годов жизни соответственно на 15...20 и на 20...30 % больше, чем у хвои 1-го года [7]. По исследованиям Г.А. Кононюк [8] в пригородной зоне г. Архангельска длина хвои ели варьирует в пределах 11,01...14,13, ширина – 0,96...1,21, толщина – 0,64...0,87 мм, площадь хвоинки – 31,69...52,21 мм<sup>2</sup>. О.А. Есякова, В.М. Воронин, Р.А. Степень [7] отмечают, что в еловых насаждениях Сибири хвоя имеет длину 10,4...22,1, толщину 0,56...1,07, ширину 0,68...1,22 мм. По данным О.А. Гвоздухиной [5] в культурах различного географического происхождения в условиях средней подзоны тайги длина хвои ели изменяется от 10 до 17 м.

Сравнивая биометрические показатели фотосинтетического аппарата ели, высаженной по разным способам обработки почвы (табл. 3), можно сделать заключение, что растения, располагающиеся на микроповышениях обладают наивысшими показателями по длине, ширине, толщине и площади хвоинки, так как имеют лучшие условия роста в данном типе леса.

Размеры хвои ели, произрастающей на открытом месте, при прочих равных условиях, больше, чем у особей, произрастающих в насаждении. Это заключение подтверждают и исследования Ф.Н. Дружинина [6] в производных еловых лесах южной подзоны тайги. Причем по его данным, у растений, произрастающих на открытом месте, размеры фотосинтетического аппарата больше в верхней части кроны, у особей ели, располагающихся в древостое, наивысшие показатели отмечены в нижней части полога.

В наших опытах масса средней хвоинки колеблется от 4,2 до 5,4 мг (табл. 4). В культурах, произрастающих на пластах, масса средней хвоинки на 29 % больше, чем на фрезполосах. Различие средних значений данного показателя является достоверным ( $t = 3,10$  при  $t_{005} = 2,2$ ). Г.А. Кононюк [8] отмечает, что в Архангельской области этот показатель в естественных ельниках черничных составляет 4,9...6,6 мг, в молодняках искусственного происхождения – 4,5 мг.

Таблица 3

## Биометрические показатели хвой ели в зависимости от варианта опыта

Вариант опыта	Размеры хвой возраста, лет														Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	<i>Длина, мм</i>														
1	10,80	11,19	12,01	12,93	13,24	13,69	14,11	13,75	14,94	13,31	10,69	10,02	12,75	–	12,31
2	10,81	11,01	11,57	12,55	11,05	11,58	12,39	11,97	11,18	11,77	10,75	9,04	12,06	13,83	11,43
3	9,99	10,07	10,62	9,82	11,85	12,80	10,84	14,68	12,07	13,69	–	–	–	–	10,86
4	9,98	11,17	11,97	12,51	12,39	14,14	15,43	13,27	13,60	13,19	11,64	–	–	–	12,02
	<i>Ширина, мм</i>														
1	0,94	1,04	1,07	1,11	1,14	1,16	1,20	1,24	1,34	1,22	1,11	1,01	1,25	–	1,08
2	0,98	0,97	1,10	1,14	1,08	1,10	1,09	1,13	1,16	1,14	1,07	0,97	1,18	1,21	1,06
3	0,97	0,99	1,07	0,97	1,10	1,40	1,25	1,63	1,02	1,30	–	–	–	–	1,08
4	0,95	1,06	1,18	1,26	1,11	1,15	1,36	1,20	1,18	1,18	1,11	–	–	–	1,12
	<i>Толщина, мм</i>														
1	0,58	0,64	0,68	0,77	0,80	0,82	0,84	0,87	0,97	0,87	0,82	0,65	0,69	–	0,72
2	0,52	0,56	0,68	0,76	0,69	0,70	0,79	0,78	0,81	0,75	0,65	0,73	0,89	0,62	0,65
3	2,39	0,73	0,79	0,71	0,77	0,87	0,93	1,01	0,66	0,80	–	–	–	–	1,04
4	0,62	0,69	0,81	0,90	0,77	0,85	1,05	0,94	0,80	0,92	0,89	–	–	–	0,77
	<i>Площадь хвоинки, мм<sup>2</sup></i>														
1	19,49	24,38	27,13	31,26	33,04	35,13	37,14	37,30	45,69	35,84	26,52	21,37	31,78	–	28,41
2	20,11	21,85	26,38	30,92	27,04	27,11	30,13	29,50	28,32	28,50	23,60	19,43	32,83	32,52	25,57
3	20,73	22,27	25,60	21,40	28,52	37,95	30,06	49,71	26,06	36,94	–	–	–	–	26,08
4	20,27	25,59	30,97	34,86	30,21	37,16	48,66	36,31	34,77	35,29	29,91	–	–	–	29,84

Таблица 4

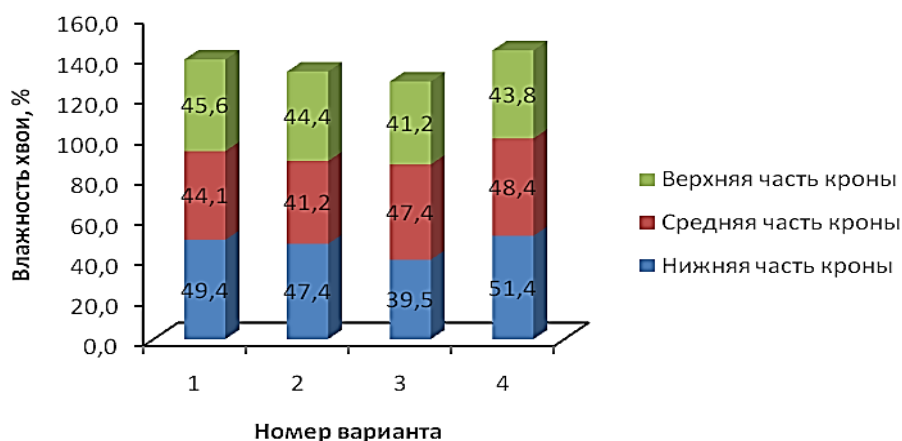
**Морфометрические показатели ассимиляционного аппарата ели  
в зависимости от варианта опыта**

Вариант опыта	Масса средней хвоинки, мг	Масса хвои на дереве, кг	Площадь хвои на дереве, м <sup>2</sup>	Индекс листовой поверхности, га/га	Протяженность кроны, м
1	5,1±0,1	5,3±0,48	48,58±1,04	15,68	6,0±0,12
2	4,6±0,1	2,6±0,26	15,15±0,50	2,53	4,7±0,07
3	4,2±0,1	2,3±0,19	14,53±0,62	2,17	3,1±0,05
4	5,4±0,2	3,8±0,33	21,95±0,91	6,47	4,5±0,11

По массе хвои на дереве можно отметить, что культуры ели, высаженные по пластам, накапливают 5,3 кг хвои, по фрезполосам – 2,4 кг. Различие средних значений данного показателя является достоверным ( $t = 5,0$  при  $t_{005} = 2,2$ ). Масса хвои в абсолютно сухом состоянии примерно в 1,7–2,2 раза меньше, чем в свежем. Согласно анализу ряда образцов, сухое вещество составляет в среднем 54,4 % от массы в свежем состоянии (53,8 % – на пластах, 56,6 % – на фрезполосах, 52,7 % – на открытом месте).

В культурах ели, высаженных между рядами культур сосны, влажность хвои наибольшая в верхней части кроны, в искусственных молодняках, произрастающих на открытом месте, этот показатель изменяется от верхней к средней части полога (см. рисунок).

Поверхность одной хвоинки в свежем состоянии у ели на пластах равняется 0,28 см<sup>2</sup>, на фрезполосах – 0,26 см<sup>2</sup>, на открытом месте – 0,26...0,30 см<sup>2</sup>. По данным К.С. Бобковой [3] в зеленомошном типе леса средней тайги она составляет 0,51 см<sup>2</sup>.



Влажность хвои в разных частях кроны

Масса хвои и площадь хвои на дереве зависит не только от площади одной хвоинки, но и от количества хвои и ветвей на дереве. Наибольшее количество ветвей наблюдается в кроне особей, высаженных по пластам. Этот показатель здесь на 15 % больше по сравнению с фрезполосами, хотя различия недостоверны ( $t = 1,35$  при  $t_{0,05} = 2,2$ ).

Каждый тип фитоценоза характеризуется определенным показателем листового индекса древесной растительности. Отмечено, что по мере продвижения на север, а также с ухудшением дренажа и увеличением избыточного увлажнения поверхность листьев снижается. Так, по данным К.С. Бобковой [3] в ельниках зеленомошной группы типов леса северной тайги листовой индекс составляет 7,1...8,3 га/га. Н.И. Кубрак, В.А. Аникеева, В.Г. Чертовской [9] указывают, что в спелом ельнике черничном Архангельской области этот показатель равен 7,5 га/га.

В изучаемых нами искусственно созданных молодняках ели индекс листовой поверхности равен 2,17...15,68 га/га, что отражает условия их произрастания.

Таким образом, установлено, что способ обработки почвы и местоположение растений оказывают влияние на формирование ассимиляционного аппарата ели. Культуры ели, высаженные по пластам, обладают наивысшими показателями по развитости ассимиляционного аппарата, что свидетельствует о лучших условиях роста в данном типе леса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабич Н.А., Клевцов Д.Н., Евдокимов И.В. Зональные закономерности изменения фитомассы культур сосны: моногр. Архангельск: САФУ, 2010. 140 с.
2. Бабич Н.А. О точности учета надземной фитомассы культур сосны // Лесн. журн. 1989. №1. С. 112–115. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Бобкова К.С. Биологическая продуктивность хвойных лесов Европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1987. 156 с.
4. Бобкова К.С., Тужилкина В.В., Сенькина С.Н., Галенко Э.П., Загирова С.В. Эколого-физиологические основы продуктивности сосновых лесов Европейского Северо-Востока. Сыктывкар, 1993. 176 с.
5. Гвоздухина О.А. Географические культуры ели в Архангельской области: дис. ... канд. с.-х. наук. Архангельск, 2004. 149 с.
6. Дружинин Ф.Н. Лесоводственно-экологические основы восстановления ельников в производных лесах Восточно-Европейской равнины: дис. ... д-ра с.-х. наук. Вологда, 2013. 389 с.
7. Есякова О.А., Воронин В.М., Степень Р.А. Ассимиляционный аппарат ели сибирской как индикатор загрязнения городской атмосферы // Хвойные бореальной зоны. 2008. Т. XXV. № 1–2. С. 109–112.
8. Кононюк Г.А. Сравнительная оценка состояния ассимиляционного аппарата ели в г. Архангельске и пригородной зоне // Экологические проблемы Севера: межвуз. сб. науч. тр. Архангельск: СОЛТИ, 2001. Вып. 4. С. 67–76.

9. Кубрак Н.И., Аникеева В.А., Чертовской В.Г. Изменение экологических условий под влиянием изменения породного состава леса // Экология таежных лесов. Архангельск: Правда Севера, 1978. С. 62–74.
10. Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г.-И. Физиология древесных растений. М.: Лесн. пром-сть, 1974. 425 с.
11. Ничипорович А.А. О путях повышения производительности фотосинтеза растений в посевах // Фотосинтез и вопросы повышения продуктивности растений. М.: Наука, 1963. С. 5–36.
12. Потапова С.А. Изменение длины хвои как показателя успеха адаптации интродуцированных сосен // Древесные растения в природе и культуре. М.: Лесн. пром-сть, 1983. С. 63–67.
13. Тужилкина В.В., Кузиев Е.А. Определение поверхности хвои сосны и ели в средней подзоне тайги // Биогеоэкологические исследования хвойных фитоценозов на Севере. Сыктывкар, 1983. С. 16–20.
14. Тутыгин Г.С., Поташева Ю.И. Изменение ассимиляционного аппарата ели в придорожных живых изгородях // Экологические проблемы Арктики и северных территорий: межвуз. сб. науч. тр. Архангельск: Издат. центр САФУ, 2014. Вып.17. С. 187–190.
15. Уткин А.И., Дылис И.В. Изучение вертикального распределения фитомассы в лесных фитоценозах // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1996. Т. 72. № 6. С. 79–91.
16. Цельникер Ю.Л. Структура кроны ели // Лесоведение. 1994. №4. С. 35–44.
17. Цельникер Ю.Л., Корзухин М.Д., Зейде Б.Б. Морфологические и физиологические исследования кроны деревьев. М.: Мир Урании, 2000. 96 с.

Поступила 04.02.14

UDC 630\*232.411.11

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.2.31

### **Spruce Assimilation Apparatus in Plantations at the Polytritic Cutting**

*N.R. Sungurova, Candidate of Agriculture, Associate Professor*

*V.N. Kononov, Doctor of Agriculture, Professor*

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,  
Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation;  
e-mail: nsungurova@yandex.ru

At an early stage of stand development we can consider the viability and potential of formation of valuable forest plants by the characteristics of development and functional state of the assimilation apparatus of trees. We studied the assimilation apparatus of the 36-year-old spruce plantations in the polytritic cutting in the Northern taiga subzone of Arkhangelsk region. The needle mass of different ages, emerging in different parts of the crown, was determined. Morphological and biometric indicators of photosynthetic apparatus were established. The average longevity of needle is 10.7 years in spruce plantations cultivated between the rows of pine crops, and 7.7 years in plantations in the open area. Moreover, the longevity of the photosynthetic apparatus in the top of a crown is 4...8, in the middle part – 9.5...10.5, at the bottom – 9.5...13.5 years, depending on the habitat. Comparing biometrics



of spruce needle, planted by different methods of cultivation, we can conclude, that the plants located on microelevations have better growth conditions in this forest type, and consequently, have the highest indicators of length, width, thickness and square of a needle. One of the important characteristics of a production phytocenoses process is a leaf-area index, which is considered as the most convenient value for comparing the productivity of ecosystems. This ratio largely determines the degree of transformation of environmental factors and photosynthetic activity of plants by the forest phytocenoses. Each type of plant community is characterized by a certain measure of the leaf-area index of woody vegetation. The size of the leaf surface decreases in process of advance to the North, deterioration of drainage and increase of excessive moistening. In the studied artificially regenerated stands of spruce the leaf-area index is 2.17...15.68 ha/ha, which indicates the properly matched technology of planting in these site conditions. The crops are provided by favorable conditions to develop and reach the indicators that are close to the Hylocomium group of the middle taiga subzone.

*Keywords:* spruce plantation, assimilation apparatus, needle, crown, leaf-area index, biometrics.

#### REFERENCES

1. Babich N.A., Klevtsov D. N., Evdokimov I. V. *Zonal'nye zakonomernosti izmeneniya fitomassy kul'tur sosny* [Zonal Patterns of Change in Biomass of Pine Plantations]. Arkhangelsk, 2010. 140 p.
2. Babich H.A. O tochnosti ucheta nadzemnoy fitomassy kul'tur sosny [On the Accuracy of Aboveground Biomass Accounting of Pine Plantations]. *Lesnoy zhurnal*, 1989, no. 1, pp. 112–115.
3. Bobkova K.S. *Biologicheskaya produktivnost' khvoynykh lesov Evropeyskogo Severo-Vostoka* [Biological Productivity of Coniferous Forests of the European North-East]. Leningrad, 1987. 156 p.
4. Bobkova K.S., Tuzhilkina V.V., Sen'kina S.N., Galenko E.P., Zagirova S.V. *Ekologo-fiziologicheskie osnovy produktivnosti sosnovykh lesov Evropeyskogo Severo-Vostoka* [Ecological and Physiological Basis of Pine Forests Productivity of the European North-East]. Syktyvkar, 1993. 176 p.
5. Gvozdukhina O.A. *Geograficheskie kul'tury eli v Arkhangel'skoy oblasti: dis. ... kand. s.-kh. nauk* [Provenance Trial Plantation of Spruce in Arkhangelsk Region: Cand. Agr. Sci. Diss.]. Arkhangelsk, 2004. 149 p.
6. Druzhinin F.N. *Lesovodstvenno-ekologicheskie osnovy vosstanovleniya el'nikov v proizvodnykh lesakh Vostochno-Evropeyskoy ravniny: dis. ... d-ra s.-kh. nauk* [Silvicultural and Ecological Basis of Spruce Forest Restoration in the Secondary Forest Growth of the East European Plain: Dr. Agr. Sci. Diss.]. Vologda, 2013. 389 p.
7. Esyakova O.A., Voronin V.M., Stepen' R.A. Assimilyatsionnyy apparat eli sibirskoy kak indikator zagryazneniya gorodskoy atmosfery [Assimilation Apparatus of Siberian Spruce as a Pollution Indicator of the Urban Atmosphere]. *Khvoynye boreal'noy zony* [Conifers of the Boreal Area], 2008, vol. XXV, no. 1–2, pp. 109–112.
8. Kononyuk G.A. Sravnitel'naya otsenka sostoyaniya assimilyatsionnogo apparata eli v g. Arkhangel'ske i prigorodnoy zone [Comparative Assessment of Spruce Assimilation Apparatus in Arkhangelsk and Suburban Area]. *Ekologicheskie problemy Severa: mezhu-*

zovskiy sbornik nauchnykh trudov [Ecological Problems of the North]. Arkhangelsk, 2001, vol. 4, pp. 67–76.

9. Kubrak N.I., Anikeeva V.A., Chertovskoy V.G. Izmenenie ekologicheskikh usloviy pod vliyaniem izmeneniya porodnogo sostava lesa [Changing of Environmental Conditions Under the Influence of Changes in Species Composition of a Forest]. *Ekologiya taezhnykh lesov* [Ecology of the Taiga Forests]. Arkhangelsk, 1978, pp. 62–74.

10. Lyr H., Polster H., Fiedler H.-J. *Gehölzphysiologie*. Jena, 1967. 420 p.

11. Nichiporovich A.A. O putyakh povysheniya proizvoditel'nosti fotosinteza rasteniy v posevakh [On the Ways to Improve Productiveness of Plant Photosynthesis in Crops]. *Fotosintez i voprosy povysheniya produktivnosti rasteniy* [Photosynthesis and Improving Productivity of Plants]. Moscow, 1963, pp. 5–36.

12. Potapova S.A. Izmenenie dliny khvoi kak pokazatelya uspekha adaptatsii introducirovannykh sosen [Changing the Needle Length as a Measure of Success of the Introduced Pine Trees Adaptation]. *Drevesnye rasteniya v prirode i kul'ture* [Woody Plants in Nature and Culture]. Moscow, 1983, pp. 63–67.

13. Tuzhilkina V.V., Kuziv E.A. Opredelenie poverkhnosti khvoi sosny i eli v sredney podzone taygi [Defining the Needle Surface of Pine and Spruce in the Middle Taiga Subzone]. *Biogeotsenologicheskie issledovaniya khvoynykh fitotsenozov na Severe* [Biogeocoenological Research of Softwood Phytocenoses in the North]. Syktyvkar, 1983, pp. 16–20.

14. Tutygin G.S., Potasheva Yu.I. Izmenenie assimilyatsionnogo apparata eli v pridorozhnykh zhivyykh izgorodyakh [Change of Spruce Assimilation Apparatus in the Natural Border Trees]. *Ekologicheskie problemy Arktiki i severnykh territoriy: mezhvuz. sb. nauch. tr.* [Environmental Problems of the Arctic and Northern Territories]. Arkhangelsk, 2014, vol. 17, pp. 187–190.

15. Utkin A.I., Dylis I.V. Izuchenie vertikal'nogo raspredeleniya fitomassy v lesnykh fitotsenozakh [The Study of the Biomass Vertical Distribution in the Forest Phytocenoses]. *Byullyuten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel biologii* [Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological Series], 1996, vol. 72, no. 6, pp. 79–91.

16. Tsel'niker Yu.L. Struktura krony eli [Structure of Spruce Crowns]. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 1994, no. 4, pp. 35–44.

17. Tsel'niker Yu.L., Korzukhin M.D., Zeyde B.B. *Morfologicheskie i fiziologicheskie issledovaniya krony derev'ev* [Morphological and Physiological Studies of Tree Crowns]. Moscow, 2000. 96 p.

Received on February 04, 2014

---