

8. Амельченко В.П., Фомина Т.И., Васильева О.Ю. и др. Декоративно-ценные виды и формы *Pulmonaria* в природе и культуре в Новосибирской и Томской областях // Раст. мир Азиатской России. – 2013. – № 1 (11). – С. 116–120.
9. Фомина Т.И. Биологические особенности декоративных растений природной флоры в Западной Сибири. – Новосибирск: ГЕО, 2012. – 179 с.
4. Izrail'son V.F., Kostromina M.M. K introdukcii medunicy mjagchajshej v lesostepnoj zone Zapadnoj Sibiri // Resursy i introdukcija poleznyh rastenij Sibiri. – Novosibirsk: Nauka. Sib. Otd-nie, 1981. – S. 17–23.
5. Semenova G.P. Redkie i ischezajushhie vidy flory Sibiri: biologija, ohrana. – Novosibirsk: GEO, 2007. – 408 s.
6. Metodika fenologicheskijh nabljudenij v botanicheskijh sadah SSSR. – M., 1975. – 12 s.
7. Karpisonova R.A. Travjanistyje rastenija shirokolistvennyh lesov SSSR: jekologo-floristicheskaja i introdukcionnaja harakteristika. – M.: Nauka, 1985. – 205 s.

Literatura

1. Lapin P.I. O terminah, primenjaemyh v issledovanijah po introdukcii i akklimatizacii rastenij // Vjul. GBS. – 1972. – Вып. 83. – С. 10–18.
2. Poletiko O.M., Mishenkova A.P. Dekorativnye travjanistyje rastenija otkrytogo grunta: sprav. po nomenklature rodov i vidov. – L.: Nauka. Leningr. otd-nie, 1967. – 208 s.
3. Diev M.M. Bol'shaja jenciklopedija cvetochnyh mnogoletnikov. – M., 2011. – 515 s.
8. Amel'chenko V.P., Fomina T.I., Vasil'eva O.Ju. i dr. Dekorativno-cennye vidy i formy Pulmonaria v prirode i kul'ture v Novosibirskoj i Tomskoj oblastjah // Rast. mir Aziatskoj Rossii. – 2013. – № 1 (11). – С. 116–120.
9. Fomina T.I. Biologicheskie osobennosti dekorativnyh rastenij prirodnoj flory v Zapadnoj Sibiri. – Novosibirsk: GEO, 2012. – 179 s.



УДК 630*221 (045) + 630*232.322.4 (045)

Л.В. Зарубина

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОСТЕПЕННОЙ РУБКИ И АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОДРОСТА ЕЛИ В СЕВЕРОТАЕЖНЫХ БЕРЕЗНЯКАХ

L.V. Zarubina

ASSESSMENT OF SHELTERWOOD AND NITRIC FERTILIZERS ON THE LIFE OF SPRUCE IN NORTH BIRCH GROVE

Зарубина Л.В. – канд. с.-х. наук, доц. каф. лесного хозяйства Вологодской государственной молочнохозяйственной академии им. Н.В. Верещагина, Вологодская обл., г. Вологда, с. Молочное. E-mail: liliya270975@yandex.ru

Zarubina L.V. – Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Forestry, Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin, Vologda Region, Vologda, Settlement Molochnoe. E-mail: liliya270975@yandex.ru

Изучена функциональная активность процессов у подпологовой ели в березняках черничных на северо-востоке России при комплексном действии постепенных рубок и азотного удобрения. Под пологом спелых березняков интенсивность фотосинтеза хвои у подростка ели в 2–3-раза ниже, чем на выруб-

ках. Постепенные рубки, увеличивая приток света под полог березняков, значительно активизируют физиологические процессы подростка ели. После вырубki 52 % листового запаса в 59-летнем березняке черничном интенсивность фотосинтеза хвои у подростка ели повысилась в 2,2–2,4 раза, усилился отток

ассимилятов и улучшилось снабжение ими ростовых меристем (хвои, корней, камбия древесины ствола). Внесение в разреженные рубкой березняки азотного удобрения способствовало дальнейшему усилению жизнедеятельности у подроста ели. За пять лет действия комплексных уходов дополнительный прирост верхушечных побегов у подроста ели увеличился на 19,2–20,8 см, прирост по диаметру увеличился в 2,8–3,4 раза. Для достижения положительного эффекта от комплексных уходов древостои северотаежных березняков черничных достаточно разредить с помощью рубки до полноты 0,5 и затем через 2–3 года дополнительно внести 180 кг/га азота. Изреживание древесного яруса до полноты древостоя 0,2 и внесение повышенной дозы азота не способствует усилению физиологического состояния у подроста ели.

Ключевые слова: березняки черничные, подрост ели, постепенные рубки, азотные удобрения, фотосинтез, пигменты, дыхание корней, рост вегетативных органов.

The functional activity of processes in canopy spruce in bilberry birch groves in the north-east of Russia in the complex action of gradual cuttings and nitrogen fertilizer was studied. Under the canopy of mature birch needles the intensity of photosynthesis in spruce in 2–3 times lower than in clearings. Shelterwood, increasing the flow of light under the canopy of birch significantly activate physiological processes spruce. After cutting 52 % of deciduous stock in 59-year-old birch deciduous bilberry 52 % margin, the intensity of photosynthesis in needles spruce has increased in 2.2–2.4 times, increased outflow of assimilates and improved supply of growth meristem (needles, roots, wood cambium trunk). Adding to the sparse birch felling of nitrogen fertilizers contribute to the further strengthening of life in spruce. In the five years of the complex care of the additional growth of apical shoots from spruce increased by 19.2–20.8 cm in diameter growth increased by 2.8–3.4 times. In order to achieve a positive effect on the comprehensive care of birch stands of northern bilberry quite thin out using 0.5 to completeness, and then an additional 2–3 years to make 180 kg/ha of nitrogen. Thinning of the tree layer to the fullness of the stand 0.2 and the introduction of increased doses

of nitrogen does not contribute to strengthening the physiological condition in spruce.

Keywords: blueberry birch groves, spruce growth, gradual felling, nitrogen fertilizers, photosynthesis, pigments, root respiration, vegetative organs growth.

Введение. Лесные массивы Севера России являются крупной лесосырьевой базой, основным поставщиком древесины и ее продукции для страны и на мировой рынок. С целью получения деловой древесины с середины прошлого столетия наряду с хвойными в промышленную рубку стали широко вовлекаться спелые лиственные леса. В то же время, несмотря на относительно высокую плотность крон древостоев березняков, под их пологом имеется достаточно большое количество подроста ели [7]. Известно, что промышленные рубки в большинстве типов леса ухудшают условия минерального питания для растений. На вырубках в почвах уменьшаются запасы органического вещества, азота и других элементов, изменяются рН, зольность [10]. В целях повышения плодородия лесных почв в мировой практике лесного хозяйства в широких масштабах применяются минеральные удобрения [11]. Однако на севере таежной зоны вопросы комплексного влияния рубок и удобрений на развитие елового подроста в мелколиственных лесах остаются слабо изученными [8].

Цель исследования: изучение влияния постепенной рубки и азотного удобрения на функционирование подроста ели в северотаежных березняках черничных.

Объекты и методы исследования. Исследования проведены в Архангельской области, которая расположена на северо-востоке европейской части Российской Федерации, в 2004–2005 гг. В качестве опытного объекта служил подрост ели (*Picea abies* Karst. (*Pinaceae*)) в березняке черничном (*Betuletum myrtillosum*) разного возраста. Опыты начинали проводиться через два года после проведения постепенной рубки. Для опытов было подготовлено два участка березняков. Насаждения характеризовались как однотипные, располагались в Левашском участковом лесничестве (кварталы 23 и 96) Обозерского лесничества. До рубки на первом участке произрастал 53-летний двухярусный березово-еловый древостой IV класса боните-

та, полнотой 0,92. Состав древостоя первого яруса – 7Б3Ос+С, второго – 10Е. Средняя высота березы – 15,2 м, диаметр – 12,1 см. Подрост еловый – 3,6 тыс. экз/га. На площади 1,2 га в осеннее-зимний период 2002 г. проведена опытная равномерно-постепенная рубка по среднепасечной технологии с трелевкой хлыстов за вершину на базе трелевочного трактора (ТДТ-55) и бензомоторной пилы «Урал». Сохранность подроста – 85–100 %. Для опытов в березняке в виде прямоугольной формы было оборудовано 4 секции с разной интенсивностью рубки деревьев господствующего полога по запасу: 35, 50, 70 % и контрольная. Площадь секций составляла 0,4 га. Сомкнутость листовенного полога в контроле составляла 0,9–1,0, после рубки она уменьшилась от 0,70 на секции с рубкой 35 % до 0,2 на секции с рубкой 70 % объема древесины.

Второй опытный участок был представлен 59-летним березняком черничным послепожарного происхождения. Участок занимает равнинную часть большого березового массива площадью 65 га. Средняя высота березы – 16,3 м, диаметр – 14,2 см. Древостой – III класс бонитета полнотой 0,9. Под пологом количество подроста ели – 4,3 тыс. экз/га. В осеннее-зимний период 1998–1999 гг. на площади 20 га промышленным способом проведена равномерно-постепенная рубка по узкопасечной технологии с вырубкой 52 % запаса древостоя листовенных пород и вывозкой сортиментов на базе многооперационных машин Хорвестер (софит-х) + Форвардер (софит – 6ф). Ширина пасек – 24–28 м, технологических полос – 20–23 м, волоков – 3,8–4,2 м. Состав древостоя до рубки – 7Б3Ос+С, на секции с вырубкой 52 % запаса – 8Б2Ос+С, сомкнутость полога до рубки – 0,9–1,0, после рубки – 0,48. Для опыта на участке было оборудовано 2 площадки: опытная с промышленной рубкой 52 % запаса листовенных пород и контрольная. Исследования проводились через два года после рубки.

В рассматриваемых насаждениях дополнительно на контрольной и опытных секциях через два года после постепенной рубки были внесены азотные удобрения в виде гранулированной мочевины в дозах 180 и 270 кг на 1 га по действующему веществу (д.в). Выбор мочевины в качестве азотного удобрения диктовался теми

соображениями, что в мочеvine азот находится в аммиачной форме, которая, согласно [11], считается наиболее эффективным азотным удобрением для подкормки древесных пород. Удобрения внесены в почву 1 июня, поскольку на Севере уже в этот период начинается активный рост корней [4].

Измерение освещенности в березняках проводилось в июне-июле после полного облиствления березы и осины на высоте 1,5 м от поверхности почвы с помощью двух люксметров Ю-116М по 35–40 постоянным точкам в околополуденные часы (13 ч.) одновременно в лесу и на открытом месте [2].

В основу методики изучения потенциального фотосинтеза и оттока ^{14}C -ассимилятов у подроста ели был положен радиометрический метод [6]. Удельная радиоактивность газовой смеси ($\text{CO}_2 + ^{14}\text{CO}_2$) в камере при определении фотосинтеза ели составляла 0,2 МБк/л, при определении оттока ассимилятов – 8 МБк/л. Для определения оттока ассимилятов в ассимиляционную камеру, изготовленную из прочной прозрачной полиэтиленовой пленки, помещалось 3–5 верхних мутовок подроста ели. Камера герметически соединялась с газгольдером, которым служила полиэтиленовая канистра емкостью 5 л. Прокачка радиоактивной смеси через камеру продолжалась в течение 30 мин. В течение этого периода через каждые 5 мин над камерой замерялась освещенность. Повторность каждого варианта опыта – двухкратная. Образцы хвои, корней, древесины отбирались через 0,5 и 6 ч, 1 и 8 сут. Результаты выражались в имп./мин в расчете на 1 г сухой растительной пробы.

Интенсивность транспирации определяли путем двухкратного быстрого взвешивания образцов хвои [9], интенсивность дыхания корней и хвои – методом Бойсен-Йенсена [5]. При изучении содержания пластидных пигментов пользовались спектрофотометрическим методом [13].

Замеры прироста побегов в длину у подроста ели проводили с помощью мерной линейки, замеры диаметра ствола – штангенциркулем. Все работы проводились после окончания вегетационного периода. Обработка полевых материалов осуществлялась общепринятыми в лесоводстве и таксации методами.

Результаты исследования и их обсуждение

Освещенность. Среди экологических факторов свет под пологом леса является одним из ведущих в развитии фитоценозов [2]. В листовых фитоценозах ежегодная смена ассимиляционного аппарата у листовых растений вносит свои коррективы в общий режим светового довольствия леса. Результаты измерений освещенности показали, что в 53-летнем березняке черничном в наиболее длинные световые дни (18–23 июня) в околополуденные часы под полог проникает менее 8,0 тыс. лк, в 59-летнем березняке – не более 8,8 тыс. лк от приходящей к кронам солнечной радиации. На секциях с рубкой (50–52 %) освещенность составляла 34,3–35,5 тыс. лк [8], что, согласно [2], соответствовало значениям, считающимися оптимальными для роста елового подростка. Безусловно, усиление светового режима в подчиненных ярусах березняков черничных после разреживания

верхнего полога должно положительно повлиять на рост и функциональную деятельность ассимиляционного аппарата подростка ели.

Дыхание корней. Корни являются не только органом для снабжения растений питательными веществами и водой, но и сами участвуют во многих обменных процессах. Нормальная жизнедеятельность корней возможна лишь при благоприятных условиях водного и минерального питания почвы, текущего фотосинтеза ассимилирующими органами, потока ассимилятов, поступающего из кроны в корни [1]. Как показали исследования, в листовенно-еловых фитоценозах у подростка ели внесенный в почву азот усиливает выделение CO_2 корнями. Более интенсивное выделение CO_2 корнями подростка ели в 53-летнем березняке черничном было отмечено сразу, как только удобрения поступили в почву (табл. 1).

Таблица 1

Влияние постепенной рубки и азота на дыхание корней подростка ели в 53-летнем березняке черничном в 2004 г., мг CO_2 /(г·ч)

Дата	Температура воздуха, °С	Интенсивность рубки, %					
		0			70		
		Контроль	(N ₁₈₀)	(N ₂₇₀)	Контроль	(N ₁₈₀)	(N ₂₇₀)
24.06	14,7	0,41	0,56	0,44	0,68	0,87	0,60
12.07	17,2	0,59	1,00	0,61	0,74	0,94	0,64
28.07	19,1	0,66	1,22	0,72	0,88	1,16	0,90
20.08	17,8	0,56	0,96	0,59	0,73	0,94	0,90
<i>Среднее</i>		0,53	0,94	0,59	0,77	0,98	0,76
%		100	177	111	100	127	99

В течение первого года (2004) наибольшее действие на дыхание корней оказала доза внесенного азота 180 кг/га. В неразрезанной секции насаждения на площадках с указанной дозой удобрения 28 июля при температуре 19,1 °С выделяющееся при дыхании корней количество CO_2 у подростка ели составляло 1,22±0,16 мг CO_2 /(г·ч) и превышало контроль на 77 %. В секции с интенсивностью рубки 70 % выделенное корнями количество CO_2 составляло 1,16 мг CO_2 /(г·ч), что было выше на 29 %, чем в контроле. Расчеты t-критерия Стьюдента показали, что для контрольной секции критический уровень достоверности, равный 2,8, превышен лишь для варианта N₁₈₀ (t_{факт.} = 4,7). В варианте с максималь-

ной дозой азота (N₂₇₀) дыхание корней в течение всего летнего периода практически оставалось на уровне контроля (t_{факт.} = 0,3). На секции с рубкой дыхание корней в контроле и опытных вариантах (N₁₈₀, N₂₇₀) в этот срок составляло 0,88±0,07, 1,16±0,13, 0,90±0,17 мг CO_2 /(г·ч) при t_{факт.} с контролем, равным 3,2 и 0,2 соответственно. В начале вегетации количество выделяемого корнями CO_2 у подростка в секции N₂₇₀ было на 11–13 % меньше, чем у подростка в контроле. Как показало исследование, корни подростка ели на площадках с повышенной дозой азота не росли, светлые корневые окончания у них отсутствовали, часть их приобрела бурую окраску и в последствии отмерла. Низкий уро-

вень дыхания корней у подроста ели на площадках с повышенной дозой азота в наших опытах [8] наблюдался в результате слабого обеспечения корней ¹⁴C-ассимилятами из кроны.

Аналогичные результаты влияния выборочной рубки и азота на дыхание корней елового подроста были получены нами в 59-летнем березняке черничном с промышленной рубкой березы (участок № 2). Самое высокое дыхание корней у подроста ели отмечалось на площадках с азотом на секции без рубки березы, где превышало контроль на 39–69 % (при $t_{\text{факт.}} = 2,9-3,7$). На секции с рубкой 52 % объема

древесины березы азот повысил дыхание корней подроста ели лишь на 19–36 %. Комплексное действие рубки и азота повысило дыхание корней ели в 1,9–2,3 раза.

Содержание пигментов. Как показали наши исследования, постепенная рубка в березняках черничных, увеличив поступление света под полог, привела к снижению концентрации зеленых пигментов в хвое у подроста ели. В 53-летнем березняке в течение трех лет на секциях с рубкой хвоя подроста ели содержала хлорофилла на 16–29 % меньше, чем в контроле (табл. 2).

Таблица 2

Динамика накопления пигментов в хвое подроста ели в 53-летнем березняке черничном при разных объемах рубки и дозах внесенных азотных удобрений (2004–2005 гг.)

Дата	Интенсивность рубки, %									
	Контроль			35		50		70		
	Доза азота удобрений, кг/га д.в.									
	0	180	270	0	180	0	180	0	180	270
Сумма хлорофиллов, мкг/г свежей массы хвои										
5.06.2004	70	74	84	70	74	77	121	58	94	65
20.06.2004	212	217	223	205	195	190	206	190	203	215
31.07.2004	650	743	826	565	594	555	712	539	728	828
27.08.2004	614	827	833	487	538	547	802	600	938	1030
10.10.2004	790	849	851	564	607	557	898	624	1017	1129
20.02.2005	743	890	943	700	565	672	811	548	985	1093
10.06.2005	762	814	843	570	657	644	767	658	884	812
13.08.2005	932	1093	1173	649	686	648	990	744	998	1069
Сумма каротиноидных пигментов, мкг/г свежей массы хвои										
5.06.2004	26	26	26	28	26	33	41	25	38	28
20.06.2004	53	53	60	45	57	56	69	68	69	73
31.07.2004	85	92	96	73	74	77	106	90	95	122
27.08.2004	79	114	115	94	101	94	130	79	144	120
10.10.2004	138	148	131	129	124	115	181	123	180	188
20.02.2005	216	219	224	163	157	181	225	172	246	272
10.06.2005	146	147	151	140	154	141	174	154	195	177
13.08.2005	126	144	145	87	99	93	120	103	150	164

Внесение в 53-летний березняк черничный азотных удобрений у подроста ели значительно усилило синтез хлорофилла и каротиноидных пигментов и привело к их накоплению в хвое. В хвое текущего года у подроста на участках, где было внесено азотное удобрение, на контрольной секции и в секциях с рубкой в первый год (2004) пигментов содержалось на 30–41 % больше, чем в аналогичной хвое контрольных

растений. Замечено, что наиболее активно в хвое пигменты накапливались на максимально разреженной секции. В августе в хвое текущего года у подроста ели на площадках N₂₇₀ секции с вырубкой 70 % запаса древесины березы хлорофилла содержалось 1030 мкг/г, у растений, подкормленных такой же дозой азота в секции без рубки – 833 мкг/г, или в 1,2 раза меньше. В целом азотное удобрение способствовало по-

вышению содержания хлорофилла у подростка ели на секциях с 70 и 50 %-й рубкой объема древесины на 41 и 30 %, на секции без рубки – на 26 %.

Азотное удобрение увеличило концентрацию пигментов также в хвое подростка ели, возникшей еще за год до его внесения и через год после его внесения в березняк. Внесение азота в указанных дозах в 59-летний березняк у подростка ели также положительно сказалось на синтезе пигментов. Максимальное количество пигментов в хвое подростка здесь накапливалось на секции с рубкой 52 % запаса древесины и в августе превышало контроль на 22–35 % [8].

Фотосинтез хвои ели. Известно, что путем внесения в почву лесных сообществ азотных,

фосфорных и калийных удобрений можно влиять на скорость и направленность углеродного питания у растений. Наши опыты показали, что после внесения в 53-летний березняк черничный азотных удобрений в дозах 180 и 270 кг/га интенсивность фотосинтеза хвои у подростка ели на секции без рубки составляла 10,5–16,5 мг CO₂ на 1 г сухой массы хвои в час или по отношению к контролю увеличилась на 3–12 %. В это же время на секциях с рубкой она за этот период выросла в 1,2–1,4 раза (табл. 3). Низкий уровень фотосинтеза у ели на удобренных площадках в не тронутом рубкой древостое, на наш взгляд, объясняется слабым использованием азота удобрения растениями в условиях недостатка света.

Таблица 3

Фотосинтез хвои, мг CO₂(г·ч), подростка ели в 53-летнем березняке черничном при разных объемах рубки и внесении азотных удобрений

Категория высоты подростка	Контроль	Доза азота, кг/га д.в.					
		0			N ₁₈₀		
		Интенсивность рубки, %					
		35	50	70	35	50	70
Крупный	9,5±0,6	15,6±0,9	20,6±1,2	21,4±0,9	16,4±0,7	27,2±2,0	29,2±2,2
Средний	9,8±0,8	15,2±0,8	20,8±1,3	24,8±1,8	17,2±1,3	25,9±1,1	28,9±2,2
Мелкий	9,4±0,6	16,6±1,3	21,1±1,5	23,5±1,7	18,9±1,0	25,0±1,6	25,9±2,3

Проведение верховой постепенной рубки в целом положительно сказалось на эффективности действия внесенного удобрения. На удобренных площадках интенсивность фотосинтеза хвои у подростка ели возрастала по мере увеличения изреженности древесного полога. На второй год (2005) максимальная скорость фотосинтеза хвои ели в 53-летнем березняке отмечалась на удобренных площадках секции с 70 %-й интенсивностью рубки объема древесины. На данной секции интенсивность фотосинтеза хвои у ели почти в два раза превышала показатели в контроле. В этот период у формирующейся хвои (в расчете на 1 г сухой массы) фотосинтез составлял 26,2–30,2 мг CO₂ в час.

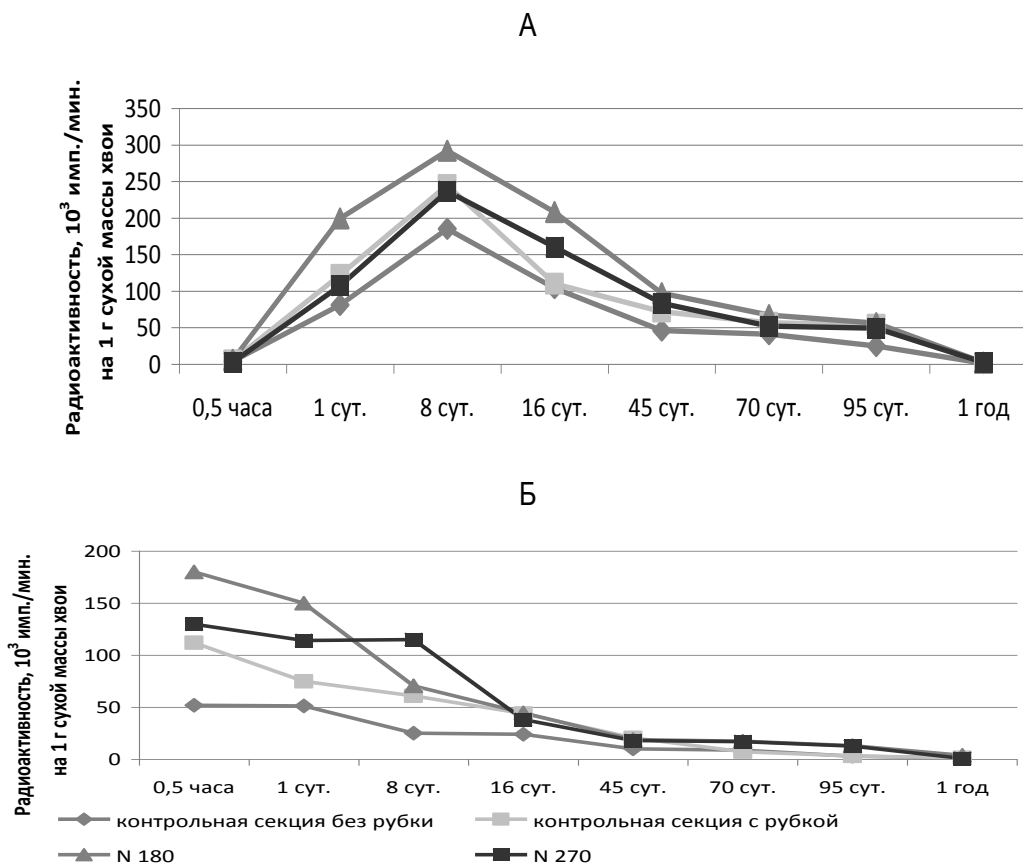
Дозы азотного удобрения (N₁₈₀ и N₂₇₀) оказали неоднозначное действие на фотосинтез хвои ели. В первый год (2004) повышенная доза азота на секциях с рубкой оказалась неэффективной. Наибольшее влияние на фотосинтез хвои подростка ели удобрения оказали на секции с

70 %-й интенсивностью рубки объема древесины. Однако по сравнению с секцией, в которой было вырублено 50 % листового запаса, различия оказались небольшими (11 %) и недостоверными. Согласно Ю.Л. Цельникер [12], причиной слабого повышения фотосинтеза хвои у подростка при повышенной освещенности могла явиться инактивация сильным светом ключевого фермента фотосинтеза РБФ-карбоксилазы. Удобрения в комплексе с постепенной рубкой по отношению к общему контролю (без рубки и удобрений) способствовали увеличению интенсивности фотосинтеза хвои у елового подростка в 2,2–3,2 раза (достоверность различий средних значений по критерию Стьюдента $t_{\text{факт.}} = 13,6–22,7$). Результаты исследований показали, что в условиях Севера наибольшее влияние на фотосинтез хвои у подростка ели в березняках черничных оказывает интенсивность рубки (58,0–67,8 %). Влияние азотного удобрения в этих условиях действует опосредовано, видимо, через

другие физиологические процессы, и является все же менее значимым фактором для развития подростка ели по сравнению с освещенностью, несмотря даже на особую роль азота в метаболических процессах [3].

Отток углерода-14. Внесение в разреженный рубкой 59-летний березняк черничный азотного удобрения значительно активизировало у подростка ели процесс фотосинтеза и способствовало накоплению радиоактивных метаболитов (рис.). Результаты радиохимического анализа

показали, что за время экспозиции (0,5 ч) в атмосфере $^{14}\text{CO}_2 + \text{CO}_2$ в процессе фотосинтеза 1-3-летней хвоей ели в расчете на 1 г сухой массы хвои на секции без рубки в контроле и на опытных площадках (N_{180} , N_{270}) было ассимилировано $103 \cdot 10^3$; $215,1 \cdot 10^3$; $162,4 \cdot 10^3$ имп/мин. На секции с рубкой в хвое этих возрастов за указанный срок в контроле и на опытных площадках (N_{180} , N_{270}) было накоплено соответственно $213,3 \cdot 10^3$; $349,8 \cdot 10^3$; $257,7 \cdot 10^3$ имп/мин.



Влияние постепенной рубки и азотного удобрения на скорость оттока ^{14}C -ассимилятов у подростка ели в 59-летнем березняке: А – хвоя текущего года; Б – однолетняя хвоя

Как показали наши исследования, внесение азотного удобрения значительно ускорило транспорт ассимилятов по растению. Уже через сутки после подкормки на площадках с N_{180} радиоуглерод был обнаружен в коре, лубе, древесине ствола и дополнительно в развивающейся хвое ели. Содержание его в данной хвое было в 1,3–1,6 раза больше, чем у ели контрольных участков. В корни этих растений за сутки из кроны поступило 112 имп/мин. На площадках с N_{270} в корни подростка притекло лишь 5 имп/мин. В

корнях контрольных растений радиоуглерод еще отсутствовал. Максимальное количество радиоуглерода в корни растений поступило спустя неделю после подкормки. В этот период у растений с N_{180} удельная радиоактивность корней была на 24 % выше, чем в контроле и на площадках с N_{270} . Наиболее активно радиоуглерод накапливался в мелких корнях. Радиоактивность проводящих корней оставалась на 12–24 % ниже радиоактивности мелких корневых окончаний.

Рост подроста ели. Обусловленность жизненного состояния от световых условий и азотного питания у подроста ели проявилась и в скорости роста в высоту и толщину. Как видно из данных таблицы 4, до внесения удобрений (1988–2000 гг.) среднепериодический прирост верхушечного побега у опытных растений в древостое и на секции с рубкой на уровне 0,95 ($t = 0,2-0,4$) не имел статистически значимых различий. После внесения азота (2001 г.) прирост их в высоту значительно активизировался.

Однако в первый год он был небольшим. Различия с контролем у опытных растений на обеих секциях в конце периода роста на уровне 0,95 оказались недостоверными. Корреляционная связь между сезонным ростом ели в высоту и оптимальной дозой азота (N_{180}) в этот год составила $r = 0,12 \pm 0,009$. Максимальный прирост в высоту у подроста под влиянием азота удобрений произошел на третий и четвертый годы (2003–2004) и превышал контроль в 2,2–2,4 раза. Наиболее активным он был на секции с рубкой.

Таблица 4

Влияние интенсивности рубки и азота на динамику роста, см, подроста ели в высоту в 59-летнем березняке черничном

Годы	Интенсивность рубки, %					
	0			52		
	Доза вносимого азота, кг/га д.в.					
	0	N_{180}	N_{270}	0	N_{180}	N_{270}
1998-2000	$3,7 \pm 0,4$	$3,9 \pm 0,8$	$3,4 \pm 0,8$	$3,8 \pm 0,8$	$3,5 \pm 0,6$	$3,6 \pm 0,3$
2001	$3,8 \pm 0,7$	$4,6 \pm 1,3$	$4,0 \pm 0,6$	$4,1 \pm 0,7$	$6,2 \pm 0,4$	$4,1 \pm 0,5$
2002	$4,1 \pm 0,8$	$8,1 \pm 1,2$	$7,9 \pm 0,8$	$6,8 \pm 0,5$	$11,2 \pm 2,0$	$10,4 \pm 0,8$
2003	$4,6 \pm 0,6$	$10,0 \pm 1,6$	$10,5 \pm 1,9$	$7,9 \pm 0,9$	$13,9 \pm 1,9$	$14,3 \pm 1,9$
2004	$4,4 \pm 0,4$	$9,9 \pm 2,0$	$10,7 \pm 2,2$	$8,3 \pm 1,1$	$14,3 \pm 2,1$	$14,6 \pm 2,2$
2005	$4,5 \pm 0,6$	$8,0 \pm 1,0$	$9,1 \pm 1,4$	$8,9 \pm 1,2$	$12,5 \pm 1,9$	$13,5 \pm 2,1$
Всего, см	21,4	40,6	42,2	36,0	58,1	56,9

Примечание: 1998 – год проведения выборочной рубки; 2001 – год внесения в древостой удобрений.

Общий суммарный прирост верхушечного побега за 5 лет действия азота у опытных растений (N_{180} , N_{270}) на секции без рубки составил 19,2 и 20,8 см соответственно. На секции с постепенной рубкой дополнительный прирост главного побега у опытных растений (N_{180} , N_{270}) по отношению к контролю (без рубки и удобрения) составил 36,6 и 35,5 см, дополнительный прирост по диаметру – 1,73 и 1,35 мм. Дополнительный прирост верхушечного побега у растений на опытных участках (N_{180} , N_{270}) за счет одной рубки составил 40,0 и 41,2 %, за счет удобрений – 60,0 и 58,8 %.

Выводы. Результаты исследования свидетельствуют, что недостаток света, острая корневая конкуренция за элементы питания в березняках черничных подзоны северной тайги отрицательно сказываются на углекислотном газообмене хвои и росте подпологовой ели. Постепенные рубки в спелых березняках, улучшая световые условия и сохраняя при этом лесную

среду, у подроста ели значительно активизируют фотосинтетическую деятельность, ускоряют процессы оттока ассимилятами, обеспеченность активных меристем ими, что вызывает улучшение их ростовых процессов. Дополнительное внесение в разреженные рубкой березняки азотных удобрений способствует дальнейшему улучшению жизнедеятельности подпологовой ели. Под влиянием постепенной рубки и внесения азотных удобрений интенсивность фотосинтеза хвои у подроста ели увеличивается в 2,2–3,2 раза, дыхание корней – в 1,9–2,3 раза, концентрация пигментов в хвое возросла на 22–35 %, дополнительный прирост верхушечного побега в длину за пять лет – на 36–37 см. Для достижения необходимого положительного эффекта в развитии подпологовой ели от комплексных уходов в северотаежных березняках черничных достаточно разредить древостой рубками до полноты 0,5 и затем через 2–3 года дополнительно внести 180 кг/га

азота. Дальнейшее разреживание листового полога до полноты 0,2 и внесение повышенной дозы азота практически не вызывает усиления физиологической и ростовой активности у подраста ели.

Литература

1. *Абрашко М.А.* Влияние азотных удобрений на изменение массы и фракционный состав корней ели // *Лесоведение*. – 1986. – № 6. – С. 75–80.
2. *Алексеев В.А.* Световой режим леса. – М.: Наука, 1975. – 280 с.
3. *Андреева Т.Ф.* Метаболические аспекты усвоения азота и углерода растениями при фотосинтезе // *Фотосинтез и продукционный процесс*. – М.: Наука, 1988. – С. 86.
4. *Бобкова К.С., Патов А.И.* Сезонная динамика роста побегов и корней // *Эколого-биологические основы повышения продуктивности таежных лесов Европейского Севера*. – Л.: Наука, 1981. – С. 93–103.
5. *Вальтер О.А., Пиневиц Л.М., Варасова Н.Н.* Практикум по физиологии растений с основами биохимии. – М.; Л.: Сельхозиздат, 1957. – 341 с.
6. *Вознесенский Л.В., Заленский О.В., Семихатова О.А.* Методы исследования фотосинтеза и дыхания растений. – М.; Л.: Наука, 1965. – 305 с.
7. *Грязькин А.В.* Возобновительный потенциал таежных лесов (на примере ельников северо-запада России). – СПб.: Изд-во СПбЛТА, 2001. – 188 с.
8. *Зарубина Л.В., Коновалов В.Н.* Эколого-физиологические особенности ели в березняках черничных. – Архангельск: Изд-во САФУ, 2014. – 376 с.
9. *Иванов Л.А., Силина А.А., Цельникер Ю.Л.* О методе быстрого взвешивания для определения транспирации в естественных условиях // *Ботан. журн.* – 1950. – Т. 35, вып. 2. – С. 171–185.
10. *Кошельков С.П., Терентьева Е.Н.* Группы азота, фосфора и гумусовых соединений в почвах сплошных вырубок березняков южной тайги // *Лесоведение*. – 1985. – № 2. – С. 10–15.
11. *Победов В.С.* Исследование и обоснование применения минеральных удобрений в интенсивном лесном хозяйстве: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – М.: Изд-во МЛТИ, 1981. – 38 с.
12. *Цельникер Ю.Л.* Физиологические основы теневыносливости древесных растений. – М.: Наука, 1978. – 215 с.
13. *Шлык А.А.* Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // *Биохимические методы в физиологии растений*. – М.: Наука, 1971. – С. 154–169.

Literatura

1. *Abrashko M.A.* Vlijanie azotnyh udobrenij na izmenenie massy i frakcionnyj sostav kornej eli // *Lesovedenie*. – 1986. – № 6. – S. 75–80.
2. *Alekseev V.A.* Svetovoj rezhim lesa. – M.: Nauka, 1975. – 280 s.
3. *Andreeva T.F.* Metabolicheskie aspekty usvoenija azota i ugljeroda rastenijami pri fotosinteze // *Fotosintez i produkcionnyj process*. – M.: Nauka, 1988. – S. 86.
4. *Bobkova K.S., Patov A.I.* Sezonnaja dinamika rosta pobegov i kornej // *Jekologo-biologicheskie osnovy povyshenija produktivnosti taezhnyh lesov Evropejskogo Severa*. – L.: Nauka, 1981. – S. 93–103.
5. *Val'ter O.A., Pinevich L.M., Varasova N.N.* Praktikum po fiziologii rastenij s osnovami biohimii. – M.; L.: Sel'hozizdat, 1957. – 341 s.
6. *Voznesenskij L.V., Zalenskij O.V., Semihatova O.A.* Metody issledovanija fotosinteza i dyhanija rastenij. – M.; L.: Nauka, 1965. – 305 s.
7. *Grjaz'kin A.V.* Vozobnovitel'nyj potencial taezhnyh lesov (na primere el'nikov severo-zapada Rossii). – SPb.: Izd-vo SPbLTA, 2001. – 188 s.
8. *Zarubina L.V., Konovalov V.N.* Jekologo-fiziologicheskie osobennosti eli v bereznejkah chernichnyh. – Arhangel'sk: Izd-vo SAFU, 2014. – 376 s.
9. *Ivanov L.A., Silina A.A., Cel'niker Ju.L.* O metode bystrogo vzveshivanija dlja opredelenija transpiracii v estestvennyh uslovijah // *Botan. zhurn.* – 1950. – T. 35, vyp. 2. – S. 171–185.
10. *Koshe'kov S.P., Terent'eva E.N.* Gruppy azota, fosfora i gumusovyh soedinenij v pochvah sploshnyh vyrubok bereznejakov juzhnoj tajgi // *Lesovedenie*. – 1985. – № 2. – S. 10–15.
11. *Pobedov V.S.* Issledovanie i obosnovanie primenenija mineral'nyh udobrenij v intensivnom lesnom hozjajstve: avtoref. dis. ... d-ra s.-h. nauk. – M.: Izd-vo MLTI, 1981. – 38 s.

12. *Cel'niker Ju.L.* Fiziologicheskie osnovy tenevynoslivosti drevesnyh rastenij. – M.: Nauka, 1978. – 215 s.
13. *Shlyk A.A.* Opredelenie hlorofillov i karotinoidov v jekstraktah zelenyh list'ev // Biohimicheskie metody v fiziologii rastenij. – M.: Nauka, 1971. – S. 154–169.



УДК 575.21

*С.А. Корчагов, Ю.М. Авдеев, С.М. Хамитова,
Ю.В. Глинина, А.П. Енальский*

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СВОЙСТВ ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОТИПОВ В УСЛОВИЯХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

*S.A. Korchagov, Yu.M. Avdeev, S.M. Hamitova,
Yu.V. Glinina, A.P. Enalsky*

ENVIRONMENTAL AND GENETIC ASSESSMENT OF SPRUCE TREES PROPERTIES OF DIFFERENT ECOTYPES IN THE CONDITIONS OF VOLOGDA REGION

Корчагов С.А. – д-р с.-х. наук, проф. каф. лесного хозяйства Вологодской государственной молочнохозяйственной академии им. Н.В. Верещагина, Вологодская обл., г. Вологда, с. Молочное. E-mail: kors45@yandex.ru

Авдеев Ю.М. – канд. с.-х. наук, доц. каф. геоэкологии и инженерной экологии Вологодского государственного университета, г. Вологда. E-mail: avdeevyur@yandex.ru

Хамитова С.М. – канд. с.-х. наук, доц. каф. геоэкологии и инженерной экологии Вологодского государственного университета, г. Вологда. E-mail: fe@mh.vstu.edu.ru

Глинина Ю.В. – начальник Центра содействия трудоустройству Вологодской государственной молочнохозяйственной академии им. Н.В. Верещагина, г. Вологда, с. Молочное. E-mail: kors45@yandex.ru

Енальский А.П. – асп. каф. лесного хозяйства Вологодской государственной молочнохозяйственной академии им. Н.В. Верещагина, г. Вологда, с. Молочное. E-mail: kors45@yandex.ru

Korchagov S.A. – Dr. Agr. Sci., Prof., Chair of Forestry, Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin, Vologda Region, Vologda, Settlement Molochnoe. E-mail: kors45@yandex.ru

Avdeev Yu.M. – Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Geoecology and Engineering Ecology, Vologda State University, Vologda. E-mail: avdeevyur@yandex.ru

Hamitova S.M. – Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Geoecology and Engineering Ecology, Vologda State University, Vologda. E-mail: fe@mh.vstu.edu.ru

Glinina Yu.V. – Head, Center of Assistance to Employment, Vologda State Dairy Farming Academy named after of N.V. Vereshchagin, Vologda, settlement Molochnoe. E-mail: kors45@yandex.ru

Enalsky A.P. – Postgraduate Student, Chair of Forestry, Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin, Vologda, settlement Molochnoe. E-mail: kors45@yandex.ru

Повышение качества лесных территорий, улучшение свойств леса, культивирование древесины нужного качества – это важнейшие проблемы современного лесного комплекса XXI века. Одним из многолесных регионов России является Вологодская

область, где сохраняются высокие темпы развития лесопромышленного комплекса. По вкладу в экономику региона лесная промышленность занимает лидирующие позиции, уступая лишь черной металлургии и химической промышленности. Лесобумажная