

УДК 630*232.322.4:630*174.754

И.И. Степаненко

Степаненко Ирина Ивановна родилась в 1962 г., окончила в 1984 г. Московский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, доцент кафедры лесоводства и подсоски леса Московского государственного университета леса. Имеет 20 публикаций по вопросам анатомического строения древесины, повышения продуктивности лесных насаждений, лесной типологии.

**ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ В РАЗНЫХ ТИПАХ ЛЕСА**

Представлены результаты исследования влияния однократного внесения минеральных удобрений на макро- и микроструктуру древесины сосны обыкновенной. Выявлена зависимость анатомического строения древесины от типа леса, вида и дозы удобрений.

Лес – главное богатство, экономический потенциал, возобновляемый ресурс и будущее России. Это всегда отмечал известный ученый И. С. Мелехов. Одним из первых научных направлений, которым он занимался, было изучение свойств и качества древесины главных лесобразующих древесных пород [10–12]. Этому вопросу Иван Степанович уделял внимание в течение всей своей творческой деятельности. И.С. Мелехов, его ученики и последователи провели всесторонние исследования изменений строения, свойств и качества древесины лесных древесных пород под влиянием таких факторов, как климат, почвы, типы условий местопроизрастания и типы леса [1, 2, 10–12, 15], лесные пожары [13, 21], рубки главного пользования и ухода, лесосушительная мелиорация, внесение удобрений, подсоска леса, селекция деревьев [3, 8, 14, 25, 27], промышленные выбросы и др. [7]. В начале 30-х гг. [10] И. С. Мелеховым впервые была сформулирована и поставлена задача выращивания древесины заданных качеств и свойств, определения и создания для этого оптимальных (в том числе почвенно-климатических) условий. В настоящее время эта задача особенно актуальна в связи с увеличением спроса на древесину, получаемую при интенсивном лесовыращивании.

В мировой и отечественной практике при интенсивном лесовыращивании широко используют минеральные удобрения, которые вызывают значительные изменения в строении и качестве древесины. Имеющиеся на этот счет данные часто носят противоречивый характер [4–6, 17, 18, 22–24]. Во многих исследованиях не учитывались типы условий местопроизрастания, типы леса, возраст насаждений, классы роста и развития деревьев, другие показатели.

На кафедре лесоводства МГУЛ под руководством И.С. Мелехова изучалось влияние минеральных удобрений на лесные фитоценозы с учетом климатических условий, технологии внесения удобрений и ряда лесоводственных факторов: типов леса, возраста древостоев, классов Крафта.

Исследования проводили в подзоне южной тайги Костромской области в Чернолуховском лесхозе ВНИИХлесхоза в трех типах леса: сосняках брусничном, лишайниковом и долгомошном. Для сосняка брусничного характерны свежие условия произрастания (B_2), для лишайникового – сухие ($A_1 - B_1$), дерново-, средне- и слабоподзолистые песчаные почвы; для долгомошного – сырые условия произрастания (B_4), глеевые, слабо дренированные песчаные почвы. Изучаемые древостои имели следующие таксационные показатели. Сосняк брусничный: состав древостоя 10С, возраст 100 лет, класс бонитета I, средняя высота 28,7 м, средний диаметр 33,0 см, полнота 0,8, запас 370 м³. Сосняк лишайниковый соответственно: 10С+Б; 90 лет; II класс бонитета; 24,6 м; 29,3 см; полнота 0,8; 327 м³. Сосняк долгомошный: 9С1Б+Е; 70 лет; III класс бонитета; 19,1 м; 20,4 см; полнота 0,7; 212 м³.

При изучении анатомического строения древесины сосны использовали удобренные и неудобренные (контрольные) пробные площади, заложенные ВНИИХлесхозом в 1982 г. Удобрения в форме карбамида (46 % N), гранулированного суперфосфата (20 % P_2O_5) и хлористого калия (54 % K_2O) внесли вручную в мае 1982 г. В каждом типе леса с трехкратной повторностью испытывали четыре вида (N, P, K, NPK) по три дозы (100, 150, 200 кг/га д. в.) удобрений [9].

Для таксационной характеристики опытных участков, определения типов леса использовали принятые в лесоводстве методики [20, 26]. Модельные деревья подбирали по классификации Крафта из средних ступеней толщины каждого класса с учетом темпов роста деревьев до удобрения. Образцы древесины брали на высоте 1,3 м возрастным буровом.

Фиксацию образцов древесины, изготовление микропрепаратов выполняли по принятой в ботанической микротехнике методике [19]. Показатели макроструктуры (ширина годичного слоя (ШГС) с разделением на раннюю и позднюю зоны, числа слоев в 1 см) и микроструктуры древесины сосны (число рядов ранних и поздних трахеид, толщина их стенок и диаметры в радиальном и тангенциальном направлениях) измеряли на поперечных срезах образцов в основном с помощью микроскопа МБР-1 и шкалы окуляр-микрометра МОВ-1-15^x, а также использовали фотографии микропрепаратов. Длину трахеид измеряли с помощью анализатора длины волокон FS-100 после мацерации древесины.

Изучали период формирования древесины за 5 лет до удобрения (1977 – 1981 гг.) и за 6 лет после удобрения (1982 – 1987 гг.). Данные с удобренных участков сравнивали с контрольными (неудобренными) и за 5 лет до удобрения. Достоверность различий проверяли по t-критерию Стьюдента. Различия значимы при вероятности 0,95.

Таблица 1

**Влияние удобрений на макроструктуру древесины сосны
(в среднем за 6 лет) в разных типах леса**

Вариант опыта	Сосняк брусничный			Сосняк лишайниковый			Сосняк долгомошный		
	ШГС, мм	Процент поздней древесины	Число слоев в 1 см	ШГС, мм	Процент поздней древесины	Число слоев в 1 см	ШГС, мм	Процент поздней древесины	Число слоев в 1 см
Контроль	<u>0,553</u>	<u>33,6</u>	<u>18,90</u>	<u>0,583</u>	<u>35,6</u>	<u>17,41</u>	<u>1,349</u>	<u>40,8</u>	<u>7,63</u>
N 100	<u>0,978*</u>	<u>36,4</u>	<u>11,02*</u>	<u>0,827*</u>	<u>40,3*</u>	<u>12,43*</u>	<u>1,442</u>	<u>39,7</u>	<u>8,00</u>
N 150	<u>1,099*</u>	<u>42,2*</u>	<u>9,59*</u>	<u>0,931*</u>	<u>40,3*</u>	<u>11,82*</u>	<u>1,603*</u>	<u>41,7</u>	<u>6,31*</u>
N 200	<u>1,067*</u>	<u>40,4*</u>	<u>9,45*</u>	<u>0,875*</u>	<u>43,0*</u>	<u>11,82*</u>	<u>1,679*</u>	<u>36,6*</u>	<u>6,17</u>
(NPK) 100	<u>1,152*</u>	<u>43,7*</u>	<u>8,98*</u>	<u>0,670</u>	<u>35,9</u>	<u>12,15</u>	–	–	–
(NPK) 150	<u>1,080*</u>	<u>43,9*</u>	<u>10,03*</u>	<u>0,786*</u>	<u>32,8</u>	<u>15,19*</u>	<u>1,487</u>	<u>33,7*</u>	<u>6,85</u>
(NPK) 200	<u>1,205*</u>	<u>39,1*</u>	<u>8,81*</u>	<u>0,881*</u>	<u>39,1</u>	<u>13,05*</u>	–	–	–
P 100	<u>0,751*</u>	<u>37,6*</u>	<u>13,47</u>	<u>0,596</u>	<u>37,3</u>	<u>12,05</u>	–	–	–
P 150	<u>0,753*</u>	<u>37,2*</u>	<u>13,64</u>	<u>0,555</u>	<u>37,4</u>	<u>18,04</u>	<u>1,291</u>	<u>37,0</u>	<u>7,76</u>
P 200	<u>0,843*</u>	<u>39,3*</u>	<u>12,17*</u>	<u>0,638</u>	<u>42,0*</u>	<u>15,77</u>	–	–	–
K 100	<u>0,803*</u>	<u>38,3</u>	<u>12,87</u>	<u>0,502</u>	<u>35,6</u>	<u>21,03</u>	–	–	–
K 150	<u>0,835*</u>	<u>39,6*</u>	<u>12,20</u>	<u>0,568</u>	<u>36,7</u>	<u>17,81</u>	<u>1,297</u>	<u>42,5</u>	<u>7,83</u>
K 200	<u>0,955*</u>	<u>37,1</u>	<u>9,87*</u>	<u>0,475</u>	<u>32,1</u>	<u>23,42</u>	–	–	–
	<u>172,7</u>	<u>110,4</u>	<u>52,2</u>	<u>81,5</u>	<u>90,2</u>	<u>134,5</u>	–	–	–

Примечание. В числителе здесь и далее абсолютные значения признака, в знаменателе – процент от контроля. Звездочкой отмечены значения, для которых различие с контролем существенно с вероятностью 0,95 ($t_{\phi} > t_t$); $t_t = 2,1; 2,2$.

В статье представлены результаты исследований влияния удобрений на анатомическое строение древесины сосны по преобладающему в изучаемых древостоях II классу Крафта (37,0 ... 37,9 %). Размах ступеней толщины деревьев II класса Крафта составил: в сосняке брусничном 24 ... 40, лишайниковом 22 ... 44, долгомошном 12 ... 42 см.

Установлено, что во всех вариантах опыта удобрения вызывают различные изменения в анатомическом строении древесины сосны в зависимости от типа леса, вида и дозы удобрений. Наиболее эффективны удобрения в сосняке брусничном. В этом типе леса все виды и дозы удобрений способствовали увеличению радиального прироста (табл. 1). В большинстве вариан-

Таблица 2

Влияние удобрений на толщину стенок ранних (РТ) и поздних (ПТ) трахеид сосны (в среднем за 6 лет) в разных типах леса

Вариант опыта	Толщина стенок трахеид, мкм											
	Сосняк брусничный				Сосняк лишайниковый				Сосняк долгомошный			
	РТ		ПТ		РТ		ПТ		РТ		ПТ	
	рад.	танг.	рад.	танг.	рад.	танг.	рад.	танг.	рад.	танг.	рад.	танг.
Контроль	2,30	2,20	5,40	7,90	2,20	2,10	5,10	7,45	2,30	2,10	5,60	7,30
N 100	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	2,55	2,45	5,75	8,00	2,35	2,25	5,70	8,45*	2,45	2,35*	6,05	8,10
	110,9	111,4	106,5	101,3	106,8	107,1	111,8	113,4	106,5	111,9	108,0	111,0
N 150	2,30	2,30	6,00*	8,50	2,25	2,25	5,65	8,50*	2,50*	2,35*	6,55*	8,20*
	100,0	104,6	111,1	107,6	102,3	107,1	110,8	114,1	108,7	111,9	117,0	112,3
N 200	2,35	2,40	5,90*	8,70*	2,20	2,15	5,55	7,35	2,38	2,10	6,00	7,35
	102,2	109,1	109,3	110,1	100,0	102,4	108,8	98,7	103,5	100,0	107,1	100,7
(NPK) 100	2,45	2,55*	6,10*	8,15	2,40*	2,30*	5,45	8,30	-	-	-	-
	106,5	115,9	113,0	103,2	109,1	109,5	106,9	111,4	-	-	-	-
(NPK) 150	2,60*	2,50*	6,20*	8,15	2,30	2,25	5,30	8,35	2,57*	2,32*	6,45*	7,65
	113,0	113,6	114,8	103,2	104,5	107,1	103,9	112,1	111,7	110,5	115,2	104,8
(NPK) 200	2,50*	2,60*	6,20*	8,00	2,10	2,20	5,35	7,85	-	-	-	-
	108,7	118,2	114,8	101,3	95,4	104,8	104,9	105,4	-	-	-	-
P 100	2,50*	2,55*	6,15*	8,60*	2,20	2,05	4,65	7,95*	-	-	-	-
	108,7	115,9	113,8	108,9	100,0	97,6	91,2	106,7	-	-	-	-
P 150	2,50	2,45	5,90	8,70	2,25	2,15	5,70	8,50*	2,40*	2,15	6,50*	7,80
	108,7	111,4	109,3	110,1	102,3	102,4	111,8	114,1	104,3	102,4	116,1	106,8
P 200	2,40	2,30	6,00*	8,85*	2,40	2,40*	5,80*	8,55*	-	-	-	-
	104,3	104,5	111,1	112,0	109,1	114,3	113,7	114,8	-	-	-	-
K 100	2,55*	2,60*	6,05*	8,80*	2,30	2,25	5,45	8,40*	-	-	-	-
	110,9	118,2	112,0	111,4	104,5	107,1	106,0	112,7	-	-	-	-
K 150	2,50	2,45*	6,00*	8,75*	2,35	2,30*	5,60	8,40*	2,55*	2,30*	6,05	8,10*
	108,7	111,4	111,1	110,8	106,8	109,5	109,8	112,7	110,9	109,5	108,0	111,0
K 200	2,50	2,55	5,90	8,47*	2,45*	2,35*	5,50	8,60*	-	-	-	-
	108,7	115,9	109,3	107,2	111,4	111,9	107,8	115,4	-	-	-	-

* Различие с контролем существенно с вероятностью 0,95 ($t_{\phi} > t_{\tau}$), $t_{\tau} = 2,3; 2,4$.

тов опыта положительные изменения в показателях макроструктуры сопровождались улучшением показателей микроструктуры древесины (табл. 1 – 4). Оптимальными были азотные и полные удобрения, особенно в дозах 150 и 200 кг/га д. в. Общее число рядов трахеид в годичном слое возросло примерно в 2 раза, особенно поздних, что вызвало повышение ШГС в 2 раза и более и дали поздней древесины на 8,3 ... 30,7 % (табл. 1), формирование равномерных годичных слоев с оптимальным их содержанием в 1 см [16], увеличение диаметра, толщины стенок и длины трахеид. Под влиянием полных удобрений возросли: толщина стенок поздних трахеид в радиальном направлении на 13,0 ... 14,8 % и ранних в тангенциальном направлении на 13,6 ... 18,2 % (табл. 2); тангенциальные диаметры ранних и поздних трахеид

Таблица 3

Влияние удобрений на диаметр ранних (РТ) и поздних (ПТ) трахеид сосны
(в среднем за 6 лет) в разных типах леса

Вариант опыта	Диаметр трахеид, мкм											
	Сосняк брусничный				Сосняк лишайниковый				Сосняк долгомошный			
	РТ		ПТ		РТ		ПТ		РТ		ПТ	
	рад.	танг.	рад.	танг.	рад.	танг.	рад.	танг.	рад.	танг.	рад.	танг.
Контроль	39,5	34,2	21,3	31,8	38,0	33,9	20,5	32,2	37,2	33,6	23,9	33,6
N 100	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
N 150	40,8	36,5*	22,1	33,6*	39,2	34,5	23,4*	33,9	40,1	35,7	24,0	33,6
N 200	103,3	106,7	103,8	105,7	103,2	101,8	114,1	105,3	107,8	106,3	100,4	100,0
(NPK) 100	38,2	35,7	22,5	33,5*	39,1	35,4	22,0	34,1	40,7	36,4	25,6	33,8
(NPK) 150	96,7	104,4	105,6	105,3	102,9	104,4	107,3	105,9	109,4	108,3	107,1	100,6
(NPK) 200	38,6	36,9*	22,5	35,1*	37,4	34,9	22,1	33,5	41,1*	33,3	24,8	33,9
(NPK) 100	97,7	107,9	105,6	110,4	98,4	102,9	107,8	104,0	110,5	99,1	103,8	100,9
(NPK) 150	38,9	36,1*	23,3*	32,7	38,3	35,4*	19,7	33,2	–	–	–	–
(NPK) 200	98,5	105,6	109,4	102,8	100,8	104,4	96,1	103,1	–	–	–	–
P 100	39,1	35,5*	23,6*	33,9*	40,4	35,5	20,2	34,4	39,6	35,2	24,4	34,9
P 150	99,0	103,8	110,8	106,6	106,3	104,7	98,5	106,8	106,4	104,8	102,1	103,9
P 200	38,6	37,0*	22,9*	34,7*	38,6	37,6*	20,9	33,7	–	–	–	–
R 100	42,8*	37,4*	24,0*	35,0*	36,1	33,0	18,1	32,6	–	–	–	–
R 150	108,3	109,4	112,7	110,1	95,0	97,3	88,3	101,6	–	–	–	–
R 200	40,0	35,0	21,9	32,9	39,8	36,2*	22,2	34,9	37,5	34,4	24,6	34,0
K 100	101,3	102,3	102,8	103,5	104,7	106,8	108,3	108,4	100,8	102,4	102,9	101,2
K 150	37,7	35,5	21,7	34,8*	38,5	36,1	23,3*	34,0*	–	–	–	–
K 200	95,4	103,8	101,9	109,4	101,3	106,5	113,7	105,6	–	–	–	–
	39,2	35,0	21,7	32,8	37,7	34,1	23,5*	33,1	–	–	–	–
	99,2	102,3	101,9	103,1	99,2	100,6	114,6	102,8	–	–	–	–
	41,0	34,9	23,8	34,0*	38,3	34,5	23,2*	32,8	–	–	–	–
	103,8	102,0	111,7	106,9	100,8	101,8	113,2	101,9	–	–	–	–
	40,4	36,6*	23,6*	33,7	38,3	36,6*	19,0	33,9	38,5	34,9	25,2	33,9
	102,3	107,0	110,8	106,0	100,8	108,0	92,7	105,3	103,5	103,9	105,4	100,9

* Различие с контролем существенно с вероятностью 0,95 ($t_{\phi} > t_t$), $t_t = 2,3; 2,4$.

на 3,8 ... 9,1 %, радиальный диаметр поздних трахеид на 9,4 ... 10,8 % (табл. 3), длина ранних на 8,4 %, поздних на 10,1 % (табл. 4). Внесение азотных удобрений способствовало увеличению диаметра поздних трахеид в тангенциальном направлении на 5,3...10,4 % (см. табл. 3); N150, N200 – утолщению их стенок на 9,3...11,1 % (см. табл. 2), а также удлинению ранних трахеид на 6,5 % (N200), поздних на 7,3 % (N150) и 8,0 % (N200) по сравнению с контролем (табл. 4). Влияние удобрений на поперечные размеры трахеид проявлялось на второй год, на длину – в первый год после их внесения и продолжалось пять лет.

В сосняке лишайниковом изменения в анатомических показателях древесины сосны были неоднозначными. Положительно повлияли на

Таблица 4

**Влияние удобрений на длину ранних (РТ) и поздних (ПТ)
трахеид сосны в разных типах леса**

Вариант опыта	Длина трахеид, мм									
	за годы после удобрения						средняя			
	1986		1984		1982		после удобрений (за 5 лет)		до удобрений (за 5 лет)	
	РТ	ПТ	РТ	ПТ	РТ	ПТ	РТ	ПТ	РТ	ПТ
Сосняк брусничный										
Контроль	<u>2,57</u>	<u>2,85</u>	<u>2,59</u>	<u>2,82</u>	<u>2,71</u>	<u>2,50</u>	<u>2,62</u>	<u>2,86</u>	<u>2,58</u>	<u>2,82</u>
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
N 100	<u>2,83*</u>	<u>3,04*</u>	<u>2,67*</u>	<u>3,06*</u>	<u>2,49*</u>	<u>2,94</u>	<u>2,66</u>	<u>3,01</u>	<u>2,53</u>	<u>2,94</u>
	110,1	106,7	103,1	108,5	91,9	101,4	101,5	105,2	98,1	104,3
N 150	<u>2,41*</u>	<u>3,01*</u>	<u>2,81*</u>	<u>3,17*</u>	<u>2,69</u>	<u>3,03</u>	<u>2,64</u>	<u>3,07*</u>	<u>2,84</u>	<u>2,65</u>
	93,8	105,6	108,5	112,4	99,3	104,5	100,8	107,3	110,1	94,0
N 200	<u>2,62</u>	<u>3,02*</u>	<u>2,90*</u>	<u>3,21*</u>	<u>2,85*</u>	<u>3,03</u>	<u>2,79*</u>	<u>3,09*</u>	<u>2,63</u>	<u>2,98</u>
	101,9	106,0	112,0	113,8	105,2	104,5	106,5	108,0	101,9	105,7
(NPK) 200	<u>2,77</u>	<u>3,09*</u>	<u>2,97*</u>	<u>3,12*</u>	<u>2,79</u>	<u>3,25*</u>	<u>2,84*</u>	<u>3,15*</u>	<u>2,57</u>	<u>2,61**</u>
	107,8	108,0	114,7	110,6	102,9	112,1	108,4	110,1	99,6	92,6
P 200	<u>2,57</u>	<u>3,03*</u>	<u>2,63</u>	<u>3,09*</u>	<u>2,37*</u>	<u>3,13</u>	<u>2,52*</u>	<u>3,08*</u>	<u>2,53</u>	<u>3,09**</u>
	100,0	106,3	101,5	109,6	87,5	107,9	96,2	107,7	98,1	109,6
K 200	<u>2,84*</u>	<u>3,22*</u>	<u>2,95*</u>	<u>3,26*</u>	<u>2,75*</u>	<u>3,28*</u>	<u>2,85*</u>	<u>3,25*</u>	<u>2,87**</u>	<u>3,27**</u>
	110,5	113,0	113,9	115,6	101,5	113,1	108,8	113,6	112,2	116,0
Сосняк лишайниковый										
Контроль	<u>2,85</u>	<u>3,42</u>	<u>2,72</u>	<u>2,84</u>	<u>2,50</u>	<u>2,97</u>	<u>2,69</u>	<u>3,08</u>	<u>2,63</u>	<u>2,98</u>
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
N 200	<u>2,57</u>	<u>3,10</u>	<u>2,49</u>	<u>3,09*</u>	<u>2,79*</u>	<u>2,95</u>	<u>2,62</u>	<u>3,05</u>	<u>2,69</u>	<u>3,05</u>
	90,2	90,6	91,5	108,8	111,6	99,3	97,4	99,0	102,3	102,3
(NPK) 200	<u>2,32*</u>	<u>2,97*</u>	<u>2,79</u>	<u>3,57*</u>	<u>2,61*</u>	<u>3,03</u>	<u>2,57</u>	<u>3,19*</u>	<u>2,97**</u>	<u>3,44**</u>
	81,4	86,8	102,6	125,7	104,4	102,0	95,5	103,6	112,9	115,4
P 200	<u>2,88</u>	<u>3,32</u>	<u>2,81</u>	<u>3,26*</u>	<u>2,84*</u>	<u>3,32*</u>	<u>2,84*</u>	<u>3,30*</u>	<u>2,49**</u>	<u>3,03</u>
	101,0	97,1	103,3	114,8	113,6	111,8	105,6	107,1	94,7	101,8
K 200	<u>2,61*</u>	<u>2,59*</u>	<u>2,53*</u>	<u>2,99*</u>	<u>2,21*</u>	<u>2,87*</u>	<u>2,45*</u>	<u>2,82*</u>	<u>2,59</u>	<u>3,08</u>
	91,6	75,7	93,0	105,3	88,4	96,6	91,1	91,6	98,5	103,4
Сосняк долгомошный										
Контроль	<u>2,47</u>	<u>3,32</u>	<u>2,87</u>	<u>3,30</u>	<u>2,76</u>	<u>3,32</u>	<u>2,70</u>	<u>3,31</u>	<u>2,61</u>	<u>3,12</u>
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
N 200	<u>2,78*</u>	<u>3,36</u>	<u>2,87</u>	<u>3,43*</u>	<u>2,85</u>	<u>3,26</u>	<u>2,83*</u>	<u>3,35</u>	<u>2,64</u>	<u>3,27**</u>
	112,6	101,2	100,0	103,9	103,3	98,2	104,8	101,2	101,1	104,8
(NPK) 150	<u>2,92*</u>	<u>3,26</u>	<u>2,77</u>	<u>3,33</u>	<u>2,67</u>	<u>3,28</u>	<u>2,79</u>	<u>3,29*</u>	<u>2,56</u>	<u>3,13</u>
	118,2	98,2	96,5	100,9	96,7	98,8	103,3	99,4	98,1	100,3
P 150	<u>2,64*</u>	<u>3,24</u>	<u>2,61*</u>	<u>3,23</u>	<u>2,65*</u>	<u>3,32</u>	<u>2,63</u>	<u>3,26</u>	<u>2,65</u>	<u>3,17</u>
	106,9	97,6	90,9	97,9	96,0	100,0	97,4	98,5	101,5	101,6
K 150	<u>2,57</u>	<u>3,23</u>	<u>2,85</u>	<u>3,43</u>	<u>2,67</u>	<u>3,29</u>	<u>2,70</u>	<u>3,32</u>	<u>2,74**</u>	<u>3,22</u>
	91,6	75,7	93,0	105,3	88,4	96,6	91,1	91,6	98,5	103,4

* Различие с контролем существенно с вероятностью 0,95 ($t_{\phi} > t_{\tau}$), $t_{\tau} = 2,2$.

** Различие в значениях признаков до и после удобрения существенно с вероятностью 0,95 ($t_{\phi} > t_{\tau}$), $t_{\tau} = 2,2$.

макро- и микроструктуру годичных слоев азотные удобрения во всех дозах, особенно N150 и N200. Они способствовали формированию более широких годичных слоев (на 41,9 ... 59,7 % по сравнению с контролем) в результате увеличения в них общего числа рядов трахеид, в большей степени за счет поздних. Это привело к повышению процента поздней древесины на 13,2 ... 20,8 и снижению числа слоев в 1 см до оптимального значения (см. табл. 1). Азотные удобрения (N100, N150) вызвали тангенциальное утолщение стенок поздних трахеид на 13,4 ... 14,1 %, а N100 – увеличение их радиального диаметра на 14,1 %, но не повлияли на длину трахеид (см. табл. 2–4). Положительное влияние на структуру радиального прироста оказали удобрения P200. Толщина стенок ранних и поздних трахеид возросла на 13,7 ... 14,8 %, диаметр поздних на 13,7 %, длина ранних на 5,6 и поздних на 7,1 %. Внесение полных удобрений вызвало увеличение ШГС на 14,9 ... 51,1 %, но не изменило структуры древесины и мало повлияло на размеры трахеид.

Калийные удобрения, особенно в дозе 200 кг/га д. в., отрицательно действовали на макроструктуру древесины. В годичном слое снизилось число рядов трахеид, в большей степени поздних, что привело к уменьшению ШГС на 18,5 % и процента поздней древесины на 9,8, увеличению числа слоев в 1 см в 1,3 раза. Длина ранних и поздних трахеид снизилась на 8,4 ... 8,9 %, но толщина их стенок возросла на 9,5 ... 15,4 %, радиальный диаметр поздних трахеид на 13,2...14,6 %. Размеры трахеид постепенно увеличивались в течение 5 лет (максимальный диаметр – на второй, длина – на третий год действия удобрений).

В сосняке долгомошном удобрения в меньшей степени повлияли на строение древесины сосны, чем в других изучавшихся типах леса. Мало изменились количество, соотношения ранних и поздних трахеид в годичном слое, их диаметры и длина, но во всех вариантах опыта, кроме N200, увеличилась толщина стенок трахеид на 3,5 ... 17,0 %. Азотные удобрения и (NPK)150 вызвали некоторые изменения в количестве и соотношении рядов ранних и поздних трахеид в годичном слое в сторону увеличения первых, что привело к повышению радиального прироста на 18,8 % (N150), 24,5% (N200) и уменьшению доли поздней древесины на 10,3 % (N200), 17,4 % ((NPK)150). В опытах с N200 и (NPK)150 наблюдалось удлинение ранних трахеид на 3,3 ... 4,8 %.

Таким образом, опыты показали, что минеральные удобрения влияют на анатомическое строение древесины в зависимости от их вида, дозы и типа леса. С их помощью можно выращивать древесину определенного строения, с заданными свойствами и качествами. Для выращивания древесины сосны с оптимальной макро- и микроструктурой в сосняке брусничном целесообразно вносить азотные и полные удобрения в дозах 150, 200 кг/га д. в., в сосняке лишайниковом – азотные в дозе 200 кг/га д. в. В сосняке долгомошном без проведения лесомелиорации применение удобрений неэффективно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Битвинкас Т.Т.* Дендроклиматические исследования. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 172 с.
2. *Вихров В.Е.* Исследования строения и технических свойств древесины в связи с типами леса // Вопросы лесоведения и лесоводства. – М.: Лесн. пром-сть, 1954. – С. 317–334.
3. *Вомперский С. Э.* Биологические основы эффективности лесосошения. М.: Наука, 1968. – 312 с.
4. *Вярбила В.В., Шлейнис Р.И.* Влияние удобрения сосновых насаждений на качество древесины // Лесн. хоз-во. – 1981. – № 12. – С. 8–11.
5. *Гелес И.С., Шубин В.И., Коржицкая З.А.* Влияние удобрений на рост и некоторые свойства древесины сосны // Лесоведение. – 1987. – № 4. – С. 72–77.
6. *Звирбуль А.П., Некрасова Г.Н., Полубояринов О.И.* Влияние удобрения сосновых насаждений карбамидом на качество древесины // Лесн. журн. – 1976. – № 6. – С. 18–22. – (Изв. высш. учеб. заведений).
7. *Лобжанидзе Э.Д.* и др. Влияние различных техногенных выбросов на динамику годичного прироста и строение древесины в условиях Грузии / Э.Д. Лобжанидзе, Л.О. Джибладзе, В.Э. Лобжанидзе, Т.Т. Магалашвили // Строение, свойства и качество древесины: Симпоз. Координац. совета по современным проблемам древоисноведения, 13 – 17 ноября 1990. – М.: МЛТИ, 1990. – С. 45–48.
8. *Ломов В.Д.* Влияние рубок ухода на анатомическое строение годичных слоев сосны // Там же. – С. 134–137.
9. *Мальцуков В.И.* Лесоводственные основы повышения продуктивности сосновых лесов Унженской низменности: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 1988. – 20 с.
10. *Мелехов И.С.* О качестве северной сосны. – Архангельск: Сев. кн. изд-во, 1932. – 24 с.
11. *Мелехов И.С.* Древесина северной ели. – Л.: Гослестехиздат, 1934. – 38 с.
12. *Мелехов И.С.* Значение типов леса и лесорастительных условий в изучении строения древесины и ее физико-механических свойств // Тр. / Ин-т леса. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. – Т. 4, № 6. – С. 11–20.
13. *Мелехов И.С.* Влияние пожаров на лес. – М.; Л.: Гослестехиздат, 1948. – 127 с.
14. *Мелехов И.С.* Рубки главного пользования. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1966. – 374 с.
15. *Мелехова Т.А.* О формировании древесины сосны и некоторых других древесных пород Севера в связи с лесорастительными условиями: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Архангельск, 1952. – 17 с.
16. *Паавилайнен Э.* Применение минеральных удобрений в лесу / Пер. с финск. Л.В. Блюдника. Под ред. В.С. Победова. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 96 с.
17. *Паршевников А.Л., Серый В.С., Хабарова Н.Т.* Влияние минеральных удобрений на анатомическое строение древесины сосны // Современные исследования продуктивности и рубок леса. – Каунас: Гослесхоз СССР, ЛитНИИЛХ, 1976. – С. 217–221.
18. *Полубояринов О.И.* Влияние лесохозяйственных мероприятий на качество древесины: Учеб. пособие. – Л.: РИО ЛТА, 1974. – 96 с.
19. *Прозина М.Н.* Ботаническая микротехника. – М.: Высш. шк., 1960. – 206 с.

20. *Рысин Л.П.* Лесная типология в СССР. – М.: Наука, 1982. – 216 с.
21. *Савченко А.Г.* Изучение огнестойкости сосны крымской с целью создания и формирования пожароустойчивых насаждений в Крыму: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 1982. – 18 с.
22. *Серый В.С.* Влияние минеральных удобрений на продуктивность сосняков черничных и брусничных в северной подзоне тайги: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 1980. – 21 с.
23. *Сляднев А.П.* Комплексный способ выращивания сосновых насаждений. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 103 с.
24. *Сляднев А.П.* Влияние биоэкологических особенностей сосновых насаждений и азотного удобрения на формирование годичных колец // Лесн. журн. – 1972. – № 6. – С. 69–74. – (Изв. высш. учеб. заведений).
25. *Степаненко И.И.* Влияние минеральных удобрений на строение и формирование древесины сосны в связи с типами леса: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1993. – 24 с.
26. *Сукачев В.Н., Зонн С.В.* Методические указания к изучению типов леса. – 2-е изд. – М.: АН СССР, 1961. – 144 с.
27. *Ярунов А.С.* Лесоводственно-экологические и технологические основы подсочки сосны обыкновенной с применением кормовых дрожжей как стимулятора выхода живицы на Европейском Севере: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 1988. – 18 с.

Московский государственный университет леса

Поступила 23.03.2000 г.

I.I. Stepanenko

Influence of Fertilizers on the Anatomic Structure of the Pine Wood in the Different Forest Types

The research results are presented for the influence of the single fertilizer application on the wood macro- and microstructure of *Pinus Sylvestris*. The dependence between the wood anatomic structure and the forest type, fertilizer types and rate is revealed.
