

УДК 630*161.4:631.811

В.Н. Коновалов¹, Л.В. Зарубина²¹Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова²Вологодская государственная молочнохозяйственная академия

Коновалов Валерий Николаевич родился в 1940 г., окончил в 1965 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и защиты леса Северного (Арктического) федерального университета. Имеет 115 печатных работ в области эколого-физиологического обоснования эффективности лесосошения на Севере, подсочки и прижизненного просмоления древесины, применения минеральных удобрений в лесных экосистемах, способов рубок, изучения природы лесов Крайнего Севера, сезонного роста древесных пород и др.

Тел.: (8182) 21-61-58



Зарубина Лилия Валерьевна родилась в 1975 г., окончила в 1997 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства Вологодской государственной молочнохозяйственной академии. Имеет 30 печатных работ по экологии и физиологии осушаемых лесов, биологии рубок, вопросам минерального питания и др.

Тел.: 8-921-684-31-56



ВЛИЯНИЕ ПОДСОЧКИ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ У СОСНЫ

Выявлено негативное влияние обычной подсочки на содержание пигментов и положительное влияние подсочки с водным настоем кормовых дрожжей на физиологию сосны обыкновенной на удобренных лесных почвах. Показана динамика содержания пигментов, скорость фотосинтеза и дыхания у подсаживаемых деревьев сосны разной смолопродуктивности и в зависимости от вида вносимых минеральных удобрений.

Ключевые слова: сосна, подсочка, физиология, минеральные удобрения, настой кормовых дрожжей.

Живица, добываемая при подсочке сосны, является продуктом жизнедеятельности дерева. На ее накопление расходуется значительная часть органических веществ, образующихся в процессе фотосинтетической деятельности дерева. В связи с этим представляет значительный интерес вопрос о степени влияния подсочки на жизнедеятельность дерева, на такие важные показатели, как ход основных физиологических процессов, выход живицы, устойчивость против энтомологических вредителей. К сожалению, подавляющее большинство исследовательских работ относится к технологической стороне проблемы. Биологический же аспект, в частности, влияние подсочки на процессы жизнедеятельности сосны, остается недостаточно изученным. Считается, что смолопродуктивность сосны определяется не столько густотой смоляных ходов и объемом смолоносной системы, сколько уровнем жизнедеятельности, степенью интенсивности физиологических процессов, протекающих в подсаживаемом дереве [2].

В настоящее время подсочное производство в России после небольшого затишья вновь начинает возрождаться, в связи с чем остро встает вопрос об изыскании наиболее эффективных способов повышения смолопродуктивности деревьев и выхода живицы. Наиболее эффективными мерами являются: внедрение передовых технологий, осушение заболоченных сосняков, рубки ухода, внесение в почву подсаживаемых насаждений минеральных удобрений [6]. Однако фактически не

исследовано влияние применяемых при подсочке технологических приемов, удобрений, стимуляторов смолообразования и смолы выделения на физиологические процессы подсаживаемых сосняков. А.В. Гордеев (цит. по [2]), определяя перспективные направления использования сосны как объекта подсочки, подчеркивал, что нет даже приблизительного представления о физиологии подсаживаемых деревьев.

Цель нашей работы – изучение влияния разных технологических схем подсочки с применением дрожжевых стимуляторов смолы выделения и внесения минеральных удобрений на скорость физиологических процессов подсаживаемых деревьев сосны обыкновенной в условиях Европейского Севера. Исследования проводились на территории бывшего Емецкого лесхоза Архангельской области (средняя подзона тайги) на участках опытной и производственной подсочки в сосняках черничном IV класса бонитета, VII класса возраста и мохово-лишайниковом V и VII классов соответственно. Подсочка выполнялась по II категории нагрузки, шаг подсочки 1,2 см, пауза 4 дня. Изучали две технологические схемы подсочки: 1) первые два года – нисходящим, последующие три – восходящим способом; 2) весь период – восходящим способом. В качестве стимулятора смолы выделения использован водный настой кормовых дрожжей 5 %-й концентрации (НКД). Исследовали также физиологическое состояние высоко- и низкосмолопродуктивных деревьев и их реакцию на подсочные ранения. Контролем служили насаждения без подсочки. Изучали также влияние подсочки с дрожжевым стимулятором на физиологические процессы удобренных сосняков. Удобрения внесены в почву весной по схеме: N200; N200K100; N200P200; P200K200; K100. Контролем были аналогичные сосновые насаждения, но без внесения минеральных удобрений.

Влияние подсочки на физиологические процессы у сосны

Важным показателем, характеризующим работу ассимиляционного аппарата и его реакцию на воздействие экзогенных факторов, является содержание в нем пластидных пигментов [17]. Усредненные данные (по 8–10 повторностям) о влиянии технологии подсочки на содержание пигментов у сосны в сосняке черничном на участке опытной подсочки АИЛиЛХ (ныне СевНИИЛХ) приведены в табл. 1 (1985 г.)

Таблица 1

Влияние технологии подсочки на содержание пигментов

Способ подсочки	Смолопродуктивность деревьев	Концентрация пигментов, мг/г			Хлорофилл Каротиноиды
		Хлорофилл	Каротиноиды	Итого	
Без подсочки	–	0,94±0,030	0,30±0,009	1,24±0,019	2,6
Обычная, без стимулятора, схема 1	Низкая	0,85±0,014	0,31±0,012	1,16±0,010	2,7
	Высокая	0,76±0,017	0,28±0,010	1,04±0,015	2,7
С НКД, схема: 1	Высокая	0,93±0,010	0,35±0,006	1,28±0,015	2,7
	Низкая	0,89±0,021	0,33±0,007	1,22±0,013	2,7
2	Высокая	0,90±0,018	0,32±0,005	1,22±0,011	2,8
	Низкая	0,86±0,011	0,33±0,009	1,19±0,019	2,8

Анализ данных показывает, что обычная подсочка у сосны (без стимулятора смолы выделения) снижает концентрацию зеленых и каротиноидных пигментов. Так, количество хлорофилла в прошлогодней хвое заподсоченных деревьев в июле в среднем было на 17 %, каротиноидов на 20 % ниже, чем у неподсоченных. Наиболее существенно содержание пигментов уменьшилось у высокосмолопродуктивных деревьев, наиболее жизнеспособных. Причиной могла стать переориентировка метаболических процессов и отвлечение метаболитов фотосинтетического цикла с образования пигментов на биосинтез живицы, поскольку выход последней у данной группы деревьев оказался в 3–4 раза больше, чем у низкосмолопродуктивных [9]. В то же время в результате подсочки качественный состав пигментов существенно не изменился. Подтверждением служат полученные нами количественные данные, показывающие незначительные изменения в соотношении суммы хлорофиллов к сумме каротиноидов, равном 2,6...2,7 у контрольных и опытных растений (см. табл. 1).

Применение НКД в качестве стимулятора смолы выделения в целом оказало положительное действие на пигментный аппарат сосны. Под действием НКД содержание пигментов у подсачиваемых с этим стимулятором деревьев возросло по сравнению с обычной подсочкой (без стимулятора) на 5...19 % и приблизилось к уровню, который имели неподсоченные деревья. Наиболее значительно содержание пигментов возросло у высокосмолопродуктивных деревьев. Механизм действия стимулятора на физиологические процессы дерева до конца пока не изучен. Согласно литературным данным [4], в составе кормовых дрожжей содержатся многие физиологически активные вещества (витамины, микро- и макроэлементы, ферменты). При поступлении в метаболические центры дерева они способны оказывать активизирующее действие на работу и синтез различных групп фитогормонов, осуществляющих регуляцию клеточного метаболизма на разных уровнях, в том числе синтез пигментов. Этим обстоятельством, возможно, и обусловлено отмечаемое нами усиление синтеза пигментов и накопление их у подсачиваемых деревьев. Существенной разности в эффективности действия стимулятора по разным технологическим схемам нами не выявлено, хотя отмечена некоторая тенденция в повышении количества пигментов в хвое при подсочке по первой технологической схеме.

Известно, что подсочка усиливает отток ассимилятов из кроны в зону карры [16, 18], поэтому у подсачиваемых деревьев следовало ожидать повышения интенсивности фотосинтеза как источника углеродных соединений, необходимых для синтеза живицы. Исследованиями установлено, что применение при подсочке НКД увеличивало интенсивность фотосинтеза в первый год на 14...21 %. На пятый год при обычной подсочке (без стимулятора) скорость поглощения CO_2 сосной по сравнению с контролем (без подсочки) возросла на 4...11 % (табл. 2, освещенность 34 тыс. лк), что может свидетельствовать о более интенсивном у подсачиваемых деревьев освобождении ассимиляционного аппарата от продуктов фотосинтеза и более активном использовании ассимилятов на биосинтез живицы. Однако статистически эти различия на уровне значимости не доказаны ($t = 0,5...1,7$ при $t_{0,95} = 2,1$).

Применение в течение 5 лет водного настоя кормовых дрожжей на 5-й год вызвало увеличение интенсивности фотосинтеза у подсачиваемых деревьев на 6...10 % и на 11...17 % по сравнению с незаподсоченными. Фотосинтез оказался примерно одинаковым при подсочке как по первой, так и по второй технологическим схемам.

Таблица 2

Интенсивность фотосинтеза прошлогодней хвои при подсочке сосны

Способ подсочки	Смоло-продуктивность деревьев	Фотосинтез			
		мг CO ₂ /(г·ч)*	% к контролю (подсочки)	<i>t</i>	
Без подсочки	–	18,9±0,83	100	–	
Обычная, без стимулятора, схема 1	Низкая	19,5±0,80	104	0,52	
	Высокая	20,9±0,82	111	1,71	
С НКД, схема:	1	Высокая	21,1±1,08	112	1,63
		Низкая	22,2±0,88	117	2,73
	2	Высокая	22,1±0,85	117	2,67
		Низкая	20,8±0,73	111	1,71

* Здесь и далее расчет дан на абс. сухое вещество.

Известно, что образование и передвижение веществ по растению связано с затратой энергии, вырабатываемой в процессе дыхания [9–11], поэтому можно предположить, что в качестве ответной реакции на значительный расход органических веществ в зоне карры на биосинтез живицы у подсачиваемых с этим стимулятором деревьев должно усилиться темновое дыхание [15]. Однако, как показали результаты наших опытов (табл. 3), во всех случаях скорость выделения CO₂ хвоей у опытных деревьев оказалась близка к контролю. Это положение подтверждается также в ряде работ, выполненных при подсочке сосны с серной кислотой [13, 14].

Таким образом, при нанесении подсочных ранений на дерево ассимиляционный аппарат сосны претерпевает ряд физиолого-биохимических изменений: снижается количество пластидных пигментов, несколько усиливается интенсивность поглощения CO₂, возрастает работоспособность хлорофилла. Анализ результатов исследований показывает, что деревья с высоким уровнем жизнеспособности обладают и высокой смолопродуктивностью [9].

Таблица 3

Интенсивность дыхания хвои подсачиваемых деревьев сосны

Способ подсочки	Смоло-продуктивность деревьев	Интенсивность дыхания, мг CO ₂ /(г·ч), при температуре, °С		
		16,4	18,0	
Без подсочки	–	0,51	0,55	
Обычная, без стимулятора, схема 1	Низкая	0,53	0,50	
	Высокая	0,48	0,50	
С НКД, схема:	1	Высокая	0,49	0,53
		Низкая	0,48	0,51
	2	Высокая	0,57	0,57
		Низкая	0,48	0,60

Применение водного настоя кормовых дрожжей в качестве стимулятора смоловыделения активизирует фотосинтетическое поглощение CO_2 , способствует увеличению концентрации в хвое зеленых и каротиноидных пигментов и в целом ведет к повышению смолообразования и смоловыделения. Данный стимулятор, действуя на зону активного смолообразования, одновременно оказывает влияние и на процессы метаболизма, что дает основание говорить о кормовых дрожжах как о стимуляторе общего действия. Ранее было отмечено также аналогичное действие сульфитрина [18].

Влияние минеральных удобрений на физиологию подсаживаемых сосен

Среди факторов внешней среды, во многом определяющих нормальную работу ассимиляционного аппарата, одно из важных мест занимают условия минерального питания растений. Влияние минеральных удобрений на физиологию подсаживаемых деревьев сосны нами изучалось на участках подсочки в сосняках черничном и мохово-лишайниковом. Подсочку проводили с применением настоя кормовых дрожжей по обеим технологическим схемам. Результаты исследований содержания пластидных пигментов показывают, что внесение в почву удобрений усиливает биосинтез хлорофилла и каротиноидов у подсаживаемых деревьев и приводит к накоплению их в хвое (табл. 4).

Таблица 4

Влияние минеральных удобрений на содержание пигментов, мг/г, в прошлогодней хвое подсоченных с НКД и неудобренных сосен

Вариант опыта	Сосняк черничный		Сосняк моховолишайниковый	
	Хлорофилл	Каротиноиды	Хлорофилл	Каротиноиды
Контроль, подсочка без удобрений	0,92±0,015	0,35±0,006	0,90±0,009	0,33±0,006
K100	0,93±0,012	0,34±0,004	0,88±0,024	0,34±0,009
N200	1,04±0,012	0,37±0,008	1,05±0,020	0,37±0,009
N200K100	1,02±0,021	0,36±0,011	1,00±0,022	0,35±0,005
N200P200	1,08±0,019	0,36±0,004	1,07±0,021	0,38±0,010
P200K200	1,00±0,038	0,36±0,013	0,97±0,032	0,37±0,009

Из данных табл. 4 видно, что спустя три года после внесения в почву удобрений хвоя подсаживаемых с НКД деревьев сосны на удобренных площадках в летний период (июль) содержала хлорофилла на 11...19 %, каротиноидов на 6...15 % больше, чем в контроле, где подсочка проводилась с НКД, но без внесения минеральных удобрений. Максимальная концентрация пигментов наблюдалась у деревьев на площадках с азотом (N, NP, NK). При дефиците этого элемента в ризосфере (варианты K, PK, контроль) активная деятельность пигментного комплекса у подсаживаемых деревьев оставалась подавленной. Содержание пигментов в этих вариантах превышало контроль лишь на 2...7 %. Можно полагать, что основной причиной наблюдаемого накопления пигментов у деревьев на площадках с азотом стало усиление жизнедеятельности корней под его влиянием [5, 7–10, 13,], а также увеличение их массы [1] и связанное с ним повышение поглотительной способности. Известно также, что корни являются местом выработки многих активных соединений, среди них пигменты [3] и цитокинины [19]. Последние, вмешиваясь в жизнь растения, контролируют работу всех его основных органов, а передвигаясь в надземную часть, способны

воздействовать на деятельность активных центров, в том числе, видимо, и на биосинтез пигментов. Известно, что минеральные удобрения усиливают биосинтез цитокининов [12]. Несколько ошутимее влияние удобрений проявилось в сосняке мохово-лишайниковом. Это обусловлено, вероятно, относительной бедностью почвы данного типа леса элементами почвенного питания по сравнению с сосняком черничным. Благодаря большему содержанию пигментов подсаживаемые деревья, произрастающие на удобренной почве, стали усиленнее поглощать лучистую энергию и интенсивнее фотосинтезировать (табл. 5).

Таблица 5

Влияние минеральных удобрений на интенсивность фотосинтеза подсаживаемых с НКД сосен, мг CO₂/(г·ч)

Вариант опыта	Сосняк черничный		Сосняк мохово-лишайниковый	
	Фотосинтез	<i>t</i>	Фотосинтез	<i>t</i>
Контроль, подсочка без удобрений	30,7±1,3	–	35,9±1,65	–
K100	32,8±2,00	0,88	39,8±3,00	1,08
N200	37,9±2,24	2,77	42,6±1,90	2,64
N200K100	36,7±2,02	2,48	41,7±1,80	2,36
N200P200	39,0±2,43	3,00	44,9±2,08	3,35
P200K200	35,1±2,57	1,51	40,5±3,23	1,29

Максимальная интенсивность поглощения наблюдалась CO₂ у деревьев на площадках с азотом (варианты N и NP). Превышение интенсивности фотосинтеза у подсаженной сосны на площадках с этими удобрениями над контролем составляло 23...27 %. Статистически эти различия также достоверны ($t = 2,6...3,5$ при $t_{0,95} = 2,2$). На площадках с азотно-калийными удобрениями при всех значениях освещенности интенсивность фотосинтеза была выше, чем в контроле, в среднем на 17 %. Под влиянием фосфорно-калийных удобрений она увеличилась на 13...15 %, а одного калия – на 7...12 %, однако статистически эти различия оказались ниже доверительного уровня ($t \leq 2,2$).

Исходя из приведенных данных, можно считать доказанным, что повышение интенсивности фотосинтеза, как и содержания пигментов, у подсаживаемых сосен в изучаемых типах лесорастительных условий обусловлено в основном действием азота. По сравнению с обычной подсочкой (без стимулятора) интенсивность фотосинтеза при подсочке с НКД по фону удобрений возросла почти в 1,4 раза, при этом основной вклад внесли удобрения (до 70 %). Дополнительное увеличение фотосинтеза при подсочке с НКД в данных условиях не превысило 28 %. Расчет интенсивности фотосинтеза на хлорофилл показал, что при внесении удобрений фотохимическая активность пигмента у деревьев на опытных площадках сохранялась на уровне, близком к контролю. Внесение минеральных удобрений не оказало существенного влияния на дыхание хвои. Как видно из данных табл. 6, скорость выделения CO₂ у подсаженных с НКД деревьев на удобренных площадках при всех температурных градиентах близка к контролю.

Таким образом, результаты проведенного исследования показывают, что применение при подсочке сосны водного настоя кормовых дрожжей в качестве стимулятора смолывыделения изменяет процессы обмена веществ у сосны в направлении, ведущем к усилению биосинтеза пигментов и активизации поглощения CO₂.

Влияние удобрений на дыхание хвои подсаженных сосен, мг CO₂/(г·ч)

Вариант опыта	Сосняк черничный		Сосняк мохово-лишайниковый	
	при температуре, °С			
	18,1	20,3	21,0	22,4
Контроль, подсочка без удобрений	0,52	0,69	0,75	0,80
K100	0,53	0,73	0,80	0,81
N200	0,55	0,71	0,79	0,81
N200K100	0,50	0,68	0,82	0,86
N200P200	0,54	0,67	0,77	0,78
P200K200	0,61	0,72	0,81	0,79

Под влиянием дрожжевого стимулятора содержание пигментов в хвое подсаживаемых деревьев возрастает на 5...19 %, интенсивность фотосинтеза на 6...11 % по сравнению с деревьями, подсаживаемыми без стимулятора. Особенности технологических схем (первая и вторая) существенного влияния не оказали на эффективность действие стимулятора.

Минеральные удобрения, улучшая условия роста сосны, через пять лет увеличивают у подсаживаемых с НКД деревьев содержание пигментов на 3...19 % и повышают интенсивность фотосинтеза на 10...27 % по сравнению с контрольными деревьями. В то же время применение НКД не ухудшает общего состояния подсаживаемых деревьев, но сама подсочка снижает прирост сосны по диаметру: за 4–6-летний период на 3...7 %, за 8–10-летний на 15...25 % по сравнению с контролем, однако выход живицы при этом остается стабильно высоким в течение 6...8 лет [9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрашко М.А.* Влияние азотных удобрений на изменение массы и фракционный состав корней ели // Лесоведение. 1986. № 6. С. 75–80.
2. *Высоцкий А.А.* Влияние подсочки на жизнедеятельность сосны. М.: Наука, 1970. 65 с.
3. *Гавриленко В.Ф., Рубин Б.А.* О синтезе пластидных пигментов в корнях растений кукурузы, лука, редиса и ячменя // Роль минеральных элементов в обмене веществ и продуктивности растений. М.: Наука, 1964. С. 272–278.
4. *Егоренков М.А., Медников Ф.А.* Подсочка леса. Минск.: Высш. шк., 1983. 208 с.
5. *Зайцева М.Г.* Дыхание и минеральное питание растений // Физиология растений. 1965. Т. 12, вып. 5. С. 794–804.
6. Интенсификация подсочки и использование вторичной продукции леса: сб. науч. ст. Архангельск: АИЛиЛХ, 1986. 144 с.
7. *Коновалов В.Н., Листов А.А.* Влияние условий минерального питания на дыхание корней сосны обыкновенной // Лесн. журн. 1989. № 4. С. 15–19. (Изв. высш. учеб. заведений).
8. *Коновалов В.Н., Вялых Н.И., Коновалова Л.В.* Эколого-физиологическое обоснование рубок главного пользования в лесах Европейского Севера // Антропогенное влияние на европейские таежные леса России. Архангельск: АИЛиЛХ, 1994. С. 38–52.
9. *Коновалов В.Н., Ярунов А.С.* Влияние подсочки сосны с применением дрожжевых стимуляторов смолы выделения на физиологическое и лесопатологическое состояние насаждений // Интенсификация подсочки и использование вторичной продукции леса. Архангельск: АИЛиЛХ, 1986. С. 31–45.

10. Курсанов А.Л. Транспорт ассимилятов в растении. М.: Наука, 1976. 647 с.
11. Курсанов А.Л., Выскребенцева З.И. Метаболизм растения в условиях калийной недостаточности // Агрохимия. 1967. № 1. С. 65–77.
12. Меняйло Л.Н. Гормональная регуляция ксилогенеза хвойных. Новосибирск: Наука, 1987. 185 с.
14. Могилева Г.А., Расторгуева Е.Н. Состояние окислительно-восстановительных процессов у сосны в связи со смолообразованием // Тр. Ин-та леса и древесины СО АН СССР. Красноярск, 1963. Т. 60. С. 104–111.
13. Могилева Г.А., Расторгуева Е.Н. Транспирация и фотосинтез сосны в связи со смолообразованием // Там же. С. 92–103.
15. Строгонова Л.Е. О величине расхода органических веществ на дыхание в различных условиях минерального питания // Физиология растений. 1968. Т. 15, вып. 2. С. 272–280.
16. Сухов Г.В. Применение радиоуглерода в исследованиях биосинтеза терпенов // Физиология растений – агрохимия, почвоведение: тр. Всесоюз. науч.-техн. конфер. по применению радиоактивных и стабильных изотопов и излучений в народном хозяйстве и науке, 4–12 апр. 1958. М.: Цент. науч.-иссл. лесохимический ин-т, 1958. С.98–103.
17. Тарчевский И.А. Андрианова Ю.Е. Содержание пигментов как показатель мощности развития фотосинтетического аппарата у пшеницы // Физиология растений. 1980. Т. 27, вып. 2. С. 341–347.
18. Худяков В.А. Денисова И.Б., Козлова Т.Н. О влиянии подсочных ранений с применением химического воздействия на интенсивность передвижения C^{14} -ассимилятов у сосны обыкновенной // Передвижение веществ у растений в связи с метаболизмом и биофизическими процессами. Горький, 1976. С. 61–65.
19. Localization of Cytokinin Biosynthesis Sites in Plants and Carrot Roots [at all.] // Plant Physiol. 1985. Vol. 78, N 3. P. 510.

Поступила 16.12.10

V.N. Konovalov¹, L.V. Zarubina²

¹Northern Arctic Federal University named after M.V. Lomonosov

²Vologda State Dairy Academy

Influence of Tapping and Mineral Fertilizers on Physiological Processes of Pine

The negative impact of standard tapping on pigmentation is revealed as well as positive influence of tapping with aqueous infusion of nutrient yeast on Scotch pine physiology growing on fertilized forest soils. The dynamics of pigmentation, photosynthesis speed and breath of tapped pine trees of different resin productivity and dependence on introduced mineral fertilizers is shown.

Keywords: pine, tapping, physiology, mineral fertilizers, nutrient yeast infusion.
