

результате 6-летнего влияния прибавка по высоте составила 10,6—16,0%.

Сплошная обработка почвы также оказала положительное влияние на рост сосны. Особенно это заметно при сравнении с участками, на которых была проведена частичная обработка почвы, и с участками без предварительной обработки почвы. На последних максимальная разница в росте по высоте достигла  $\pm 18,6\%$ .

Увеличение средних диаметров (табл. 3) на всех секциях с люпином по сравнению с контрольными было получено только на четвертый год (от 3,5 до 11,9%) и максимальное—на шестой год влияния люпина (на 9—13,1%).

Более крупные размеры по высоте и диаметру у сосенок, посаженных трехлетним посадочным материалом, объясняются не усиленным ростом, а большими исходными размерами при закладке опыта по сравнению с однолетками.

Данные прироста сосны в высоту по годам и вариантам опыта (табл. 4) позволяют сделать вывод, что приросты в высоту на секциях с люпином уже в течение двух лет его влияния увеличились до 13,6%, а в результате 6-летнего влияния — до 19—34,7%.

Улучшение сохранности культур и их роста по высоте и диаметру под влиянием люпина сопровождалось увеличением запасов стволовой древесины. В результате этого прибавки на секциях с люпином по сравнению с контрольными по запасу древесины на 1 га под влиянием люпина в течение 6 лет составили 39,7—61,6%.

Сплошная обработка почвы также способствовала лучшей выживаемости культур, их росту по высоте и диаметру, и в результате этого были получены прибавки по запасу древесины на 30,4—47%.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Последующая культура многолетнего люпина в условиях влажной субори В<sub>3</sub> сосняка орляково-черничного оказала положительное влияние на выживаемость культур сосны.

2. Под влиянием 6-летнего воздействия люпина улучшился рост сосны в высоту на 10,6—16,0% и по диаметру на 9,0—13,1%.

3. Запасы стволовой древесины в культурах с люпином по сравнению с контрольными в зависимости от вариантов опыта увеличились на 39,6—61,6%.

4. Сплошная обработка почвы способствовала лучшему росту сосны по высоте и диаметру, а запасы культур на этих секциях увеличились по сравнению с запасами древесины в культурах без предварительной обработки почвы на 47,0% и в культурах, созданных по дну плужных борозд — на 30,4%.

5. В условиях влажной субори (В<sub>3</sub>) сосняка орляково-черничного возможно использование 3-летнего посадочного материала сосны.

## ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОГО РОСТА СОСНЫ И ЕЛИ В СМЕШАННЫХ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРАХ

Ю. Д. СИРОТКИН, В. Г. АНУФРИЕВА

(Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова)

При разработке научно обоснованных мероприятий регулирования взаимоотношений древесных растений в смешанных культурах необходимо изучение закономерностей их роста на протяжении вегетационного периода. В работах А. П. Тольского (1913), А. И. Челядиновой

(1941), В. В. Смирнова (1961, 1964, 1966), Л. Кайрюкштиса (1969) и других освещается рост различных вегетативных органов сосны обыкновенной и ели в чистых и смешанных с лиственными породами насаждениях.

Сезонный рост боковых побегов и световой хвои изучался нами в чистых и смешанных культурах сосны и ели в Прилукской лесной даче Минского лесхоза. В основу наблюдений за сезонным ростом вегетативных органов деревьев положена методика А. А. Молчанова и В. В. Смирнова (1967).

Культуры, в которых велись наблюдения, характеризуются относительно богатыми условиями местопроизрастания (свежая сложная су-

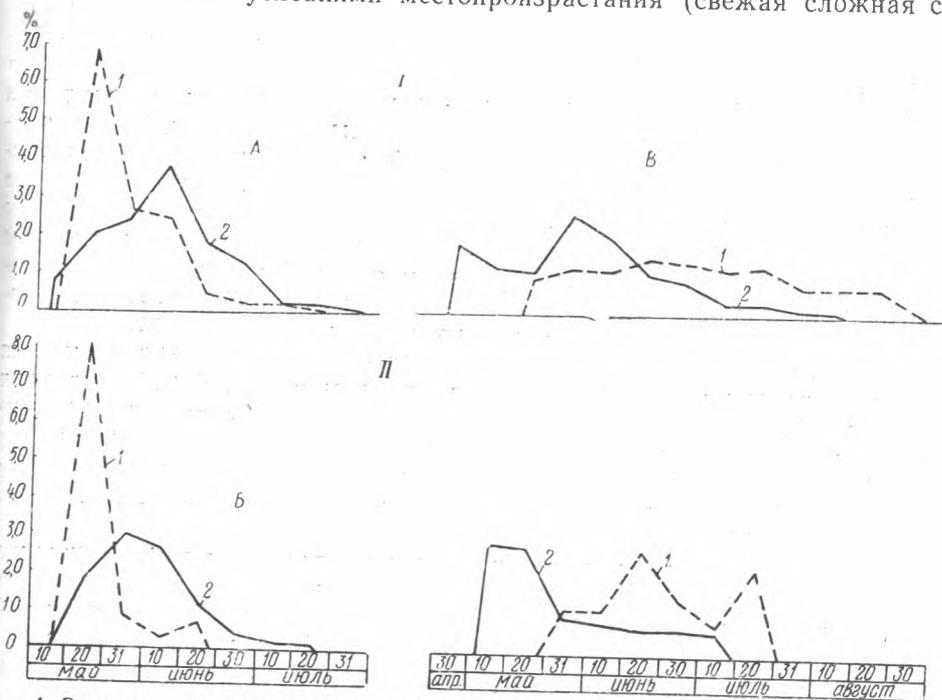


Рис. 1. Энергия роста (%) побегов и хвои ели и сосны в чистых и смешанных культурах: I — чистые культуры; II — смешанные культуры. А, Б — ель; В, Г — сосна; 1—хвоя, 2—побеги.

борь, С<sub>2</sub>). В елово-сосновых культурах породы смешаны в рядах, современный состав насаждения 6Е4С. Средняя высота ели 18,6 м, средний диаметр 16,6 см; средняя высота сосны 18,7, средний диаметр 19,3 см. Бонитет Iб, общий запас насаждения 358 м<sup>3</sup>/га.

Чистые еловые культуры характеризуются следующими показателями: средняя высота ели 20,2 м, средний диаметр 17,0 см, бонитет Iс, запас 453 м<sup>3</sup>/га. Сосна обыкновенная в чистых культурах имеет среднюю высоту 19,5 м, средний диаметр 18,2 см, бонитет Iб, запас 381 м<sup>3</sup>/га. Возраст изучаемых чистых и смешанных культур сосны и ели 39—40 лет.

Прирост боковых побегов в течение вегетационного сезона изучался на ветвях, расположенных в средней части кроны дерева. Они отличаются средней энергией роста по сравнению с быстрорастущими побегами верхних мутовок и медленно растущими побегами нижней части кроны (В. В. Смирнов, 1964). Наблюдение велось у деревьев I, II и III классов роста (по Крафту) в течение вегетационных периодов 1968—1970 гг.

Видимый рост побегов ели в чистых и смешанных культурах начинается в первой декаде мая (рис. 1). Максимум прироста наблюдается

в конце мая — начале июня: в чистых еловых культурах наибольшая энергия роста (прирост за сутки в процентах от окончательной длины в конце сезона) отмечена в первой декаде июня, в смешанных — на декаду раньше. Вероятно, в смешанном насаждении с более разреженным пологом приземный слой воздуха и почва прогреваются быстрее, что способствует распусканию почек. Период роста побегов ели в чистых культурах составляет 86—90 дней, в смешанном же насаждении побеги ели растут всего 74—78 дней. В чистых еловых культурах отмечена и наиболее высокая энергия роста боковых побегов (до 4%).

К моменту опадения почечных чешуй, когда возможно производить измерения, хвоя уже достигает значительных размеров. Во второй декаде мая энергия роста хвои ели достигает 7% в чистых культурах и свыше 8% в смешанных. Затем наблюдается сильная депрессия прироста хвои (в меньшей степени в чистом насаждении и в большей — в смешанном). Наблюдения показали весьма существенные различия периодов роста хвои ели в чистых и смешанных культурах. Так, в чистых культурах хвоя ели растет 65—70 дней, а в смешанных период роста хвои составляет всего 45 дней. Продолжительность видимого роста боковых побегов и хвои зависит от положения дерева в насаждении: деревья III класса роста заканчивают рост на 7—10 дней раньше, чем деревья I и II классов роста. Следствием высокой энергии роста и более продолжительного периода вегетации ели в чистых культурах являются исключительно высокие таксационные показатели.

Боковые побеги сосны обыкновенной в чистых культурах трогаются в рост на декаду раньше (конец апреля), чем в смешанных (первая декада мая). Наблюдения показали также, что при сравнительно одинаковой энергии роста (до 3% от окончательной длины побега в конце сезона), побеги сосны в чистом насаждении растут более продолжительный период: 100—105 дней, в смешанном насаждении они заканчивают рост через 65—70 дней.

В чистых сосновых культурах отмечено два максимума прироста боковых побегов: в третьей декаде апреля и в конце мая. В смешанных культурах побеги начинают расти в первой декаде мая, но суточный прирост их выше и достигает 3%. Интенсивный рост побегов сохраняется в течение двух декад мая, в третьей декаде суточный прирост резко падает до 1% и к середине июля рост их прекращается.

Видимый рост хвои сосны начинается, когда побеги достигают уже значительных размеров. В чистых культурах наблюдается равномерное и длительное (100—105 дней) нарастание длины хвои сосны. В смешанных культурах отмечено два максимума прироста хвои — во вторых декадах июня и июля, а к концу июля рост хвои прекращается (период роста 65 дней).

Одновременно с измерением линейного прироста велись наблюдения за накоплением сухого вещества в одно- и двухлетней хвое и побегах сосны и ели в чистых и смешанных культурах. Образцы хвои и побегов для определения сухого вещества (термовесовым методом) брались в период с 10 до 12 ч подекадно. Наибольшая оводненность хвои ели (табл. 1) совпадает с периодом наиболее энергичного роста (май), при этом абсолютная влажность ее достигает 426% в чистых культурах и 312% в смешанных. Сухое вещество в хвое накапливается в основном в период роста: 6—9% в месяц в чистых культурах и 7—10% в смешанных. С прекращением роста происходит весьма незначительное увеличение сухого веса хвои (1—2%).

Интенсивный биосинтез сухого вещества в побегах ели наблюдается в июне—июле, что не всегда совпадает с максимумами их прироста по длине. Оводненность побегов ели в начале роста практически одинако-

ва в обоих типах культур. Но в конце вегетационного периода побегов в смешанных культурах имеют абсолютную влажность ниже (76%), чем в чистых еловых культурах (96%).

Таблица 1

Динамика накопления сухого вещества (в числителе) и абсолютная влажность (в знаменателе) однолетней хвои и побегов сосны и ели в чистых и смешанных культурах

Тип культур	Порода	Веgetативный орган	Месяцы						
			май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	
Чистые	Ель	Хвоя	20,1	29,3	35,3	37,6	38,7	38,9	
			426,5	263,7	181,5	167,3	151,9	157,1	
		Побеги	31,0	27,7	38,5	45,1	48,1	51,3	
			317,9	281,2	185,7	134,7	107,9	96,3	
		Ель	Хвоя	23,2	30,1	40,7	37,9	39,1	40,3
				312,7	240,9	145,6	164,0	155,9	147,9
Смешанные		Побеги	24,2	31,1	48,8	49,1	53,0	56,8	
			303,8	229,8	105,0	103,7	89,9	76,1	
		Сосна	Хвоя	22,7	25,6	31,4	36,5	39,8	43,1
				319,8	289,9	218,2	174,1	153,0	131,8
			Побеги	25,5	29,1	36,2	41,1	40,6	40,1
				292,2	246,6	176,5	127,0	133,4	139,8
Чистые	Сосна	Хвоя	26,8	29,7	34,8	38,3	38,9	40,4	
			267,4	237,8	205,0	162,9	157,0	147,4	
		Побеги	28,5	30,6	35,6	40,7	42,8	44,2	
			263,1	236,9	183,8	156,6	137,1	132,5	

В побегах и хвое двулетнего возраста колебания содержания сухого вещества незначительны. Так, сухое вещество хвои в обоих типах культур составляет 41—42%, побегов соответственно 51—59%. В смешанных культурах процент сухого вещества вегетативных органов ели выше, чем в чистых, что говорит о лучшей вызреваемости побегов (Е. И. Барская, 1967).

В хвое сосны сухое вещество накапливается равномерно в течение всего периода роста, к концу вегетации оно составляет 40% в чистых культурах и 43% в смешанных. Сухой вес побегов увеличивается по мере нарастания их в длину, и чем более растянут период роста, тем более продолжительное время отводится на увеличение сухого вещества. Так, в смешанных культурах с более коротким периодом роста побегов накопление сухого вещества в них заканчивается уже в августе. В конце вегетации в хвое сосны чистых и смешанных культур содержится одинаковое количество сухого вещества.

Накопление сухого вещества (до 90%) осуществляется в процессе фотосинтеза, энергетическим сенсibilизатором которого является хлорофилл. Динамика содержания пигментов в хвое изучалась нами в тех же чистых и смешанных культурах сосны и ели, что и сезонный рост. Концентрация хлорофиллов а и б и каротиноидов определялась в ацетоновой вытяжке на спектрофотометре СФ-5 и по формулам Веттштейна пересчитывалась на 1 г абсолютного сухой хвои (Т. Н. Годнев, 1956). Образцы хвои брались со средней части кроны одновременно со взятием

для определения влажности; повторность 5-кратная. Содержание пигментов в двулетней хвое определялось на протяжении всего года, в хвое текущего года — до наступления зимнего периода.

Характер накопления зеленых пигментов в однолетней хвое ели в чистых и смешанных культурах (рис. 2) одинаков: постепенно увеличиваясь и достигнув максимума в октябре, содержание их резко падает в зимний период. Хвоя ели в чистых культурах имеет больше пигментов

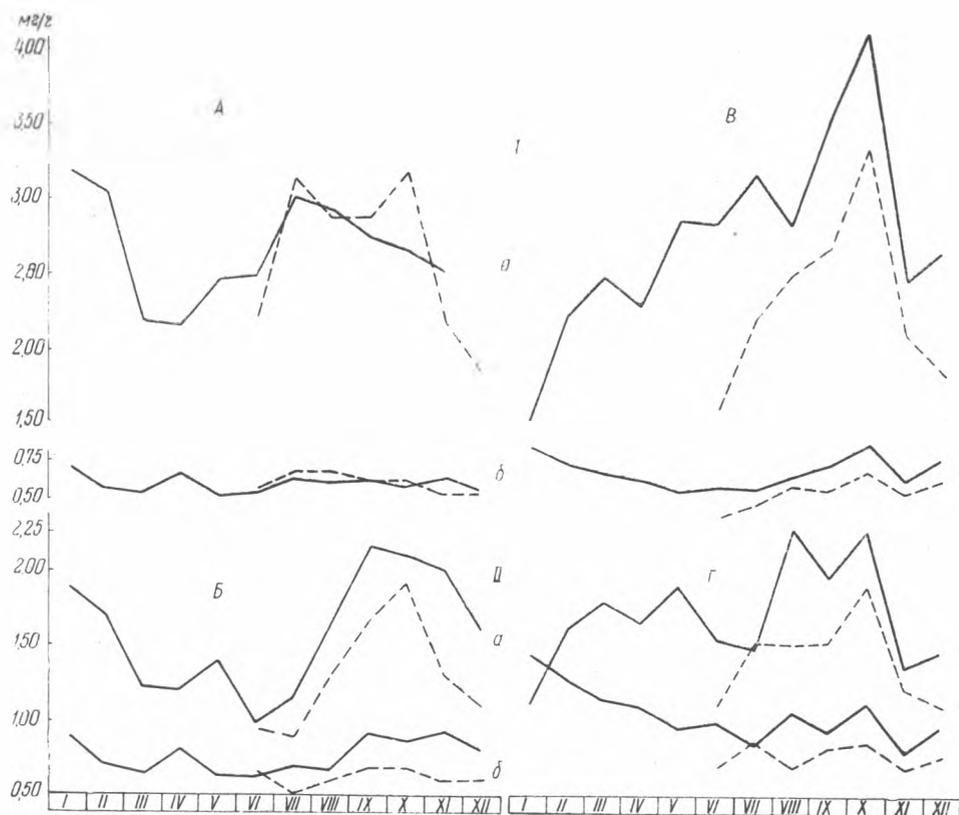


Рис. 2. Динамика содержания хлорофилла (а+б) и каротиноидов в 1—2-летней хвое ели и сосны в чистых и смешанных культурах: I — чистые культуры; II — смешанные культуры. А, Б — ель; В, Г — сосна; 1 — однолетняя хвоя, 2 — двулетняя хвоя.

(3,3 мг/г), чем в смешанных (1,9 мг/г). Н. Д. Нестерович, Г. И. Маргайлик (1969) отмечали, что в лучших условиях освещения в хвое ели синтезируется пигментов меньше. Вероятно, в смешанных елово-сосновых насаждениях со ступенчатым строением полога крон ель имеет лучшее освещение, что сказывается на характере биосинтеза зеленых пигментов.

В весенние месяцы (март—июнь) в двулетней хвое ели наблюдается уменьшение пигментов, причем как в чистых, так и в смешанных культурах. Подобное снижение содержания зеленых пигментов в хвое ели отмечал А. В. Веретенников (1968). Г. И. Маргайлик, Д. С. Трухановский (1970) объясняют это явление повышенной физиологически активной радиацией в эти месяцы. В июле количество хлорофилла в хвое ели резко возрастает, достигая 3 мг/г в чистых и 2,2 мг/г в смешанных культурах. Более интенсивно биосинтез хлорофилла осуществляется в хвое ели чистых культур, в июле он достигает максимума, а затем постепенно снижается до декабря. В хвое ели смешанных культур наиболь-

шее содержание хлорофилла отмечено в сентябре, к зимнему периоду количество его значительно уменьшается.

Биосинтез хлорофилла в хвое сосны текущего года в чистых и смешанных культурах протекает весьма однородно. С момента появления хвои количество пигментов в ней постепенно увеличивается и, достигнув максимума в октябре (3,3 мг/г), резко снижается к зиме. В двулетней хвое сосны содержание суммы пигментов в чистых культурах достигает наибольшей величины (4,2 мг/г) в октябре, а в смешанных культурах — в августе; к началу зимы уменьшается в 2 раза.

Кривые содержания хлорофилла в хвое ели и сосны показывают, что в смешанных культурах количество пигментов в хвое ниже, чем в чистых. Возможно, конусовидная крона ели и округлая крона сосны способствуют более благоприятному распределению светового потока. При совместном произрастании у этих пород как бы сглаживаются различия в количественном содержании суммы зеленых пигментов.

Содержание каротиноидов в хвое сосны и ели в чистых и смешанных культурах в годичном цикле подвержено сравнительно небольшим изменениям: 0,5—0,75 мг/г сухой хвои. При совместном произрастании сосна и ель синтезируют большее количество этих пигментов. Так, максимальное содержание каротиноидов в хвое ели смешанных насаждений наблюдается в ноябре и достигает 0,93 мг/г, в чистых же насаждениях сумма желтых пигментов не превышает 0,71 мг/г сухой хвои. Хвоя сосны в чистых культурах наибольшее количество каротиноидов имеет в октябре (0,91 мг/г), в смешанных же культурах максимум содержания их (1,47 мг/г) приходится на январь. Таким образом, наибольшему количеству каротиноидов в хвое изучаемых пород соответствует наименьшее содержание суммы зеленых пигментов. Подобное явление в хвое ели отмечает Ю. Н. Новицкая (1971).

Условия среды фитоценоза влияют на общую концентрацию зеленых пигментов и на соотношение компонентов — хлорофилла а и б. Раздельное определение зеленых пигментов в хвое сосны и ели при совместном произрастании и в чистых культурах не показало каких-либо различий в соотношении их компонентов. Соотношение а:б в хвое изучаемых пород колеблется в пределах 1—2 и очень редко превышает эту величину. Незначительное уменьшение этого соотношения наблюдается в хвое ели смешанных культур по сравнению с чистыми.

В тесной связи с биосинтезом хлорофилла находится ферментная система ассимиляционного аппарата. Определение активности окислительно-восстановительных ферментов — каталазы и пероксидазы — производилось одновременно с изучением количества пигментов в хвое сосны и ели. Активность каталазы определялась газометрически (мл  $O_2$ /г·мин) (А. И. Ермаков, 1952), активность пероксидазы в условных единицах по А. Н. Бояркину (1961).

Определение активности каталазы в однолетней хвое ели и сосны в чистых и смешанных культурах показало (табл. 2) отсутствие каких-либо существенных различий. Так, до августа активность ее в хвое ели не превышала 12,2 мл  $O_2$ /г·мин, в хвое сосны — 21,3 мл  $O_2$ /г·мин. В сентябре, когда полностью закончилось формирование хвои и началась подготовка к зимнему периоду, активность этого фермента достигла величины ее в двулетней хвое. В двулетней хвое ели активность этой оксидазы в течение всего вегетационного периода выше, чем в однолетней хвое, причем в чистых культурах пределы колебаний ее активности 40,7—74,2 мл  $O_2$ /г·мин, в смешанных ниже: 24,1—44,4 мл  $O_2$ /г·мин.

В начале вегетации в однолетней хвое сосны в чистых и смешанных культурах величина активности каталазы не имеет существенных раз-

личий. Прекращение роста хвои (сентябрь— октябрь) сопровождается повышением ее активности, причем это свойственно и двулетней хвое. Не было отмечено различий активности этой оксидазы в двулетней хвое сосны чистых и смешанных культур.

Таблица 2

Динамика активности ферментов одно- и двулетней хвои сосны и ели в чистых и смешанных культурах

Тип смешения	Порода	Возраст хвои, лет	Месяцы							
			май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
<b>Каталаза, мл O<sub>2</sub>/г мин</b>										
Чистые	Ель	1		11,0	12,2	11,0	33,2	55,7	50,3	55,4
		2	49,9	49,7	40,7	43,1	51,2	74,2	67,3	68,7
Смешанные	Ель	1		12,0	10,7	11,9	19,3	30,5	27,2	29,3
		2	44,4	38,3	24,1	36,4	40,1	44,2	38,1	41,7
	Сосна	1		16,0	13,7	21,3	22,4	56,4	40,8	45,9
		2	49,6	47,6	39,0	72,8	88,5	105,9	91,1	83,4
Чистые	Сосна	1		13,0	14,2	13,4	35,9	48,1	44,5	45,9
		2	70,4	62,4	42,5	86,4	98,5	111,0	100,1	109,1
<b>Пероксидаза, усл. ед. (по Бояркину)</b>										
Чистые	Ель	1		13,8	17,7	12,5	15,6	36,8	12,4	17,4
		2	14,5	24,4	23,1	22,7	78,5	79,4	35,8	25,8
Смешанные	Ель	1		4,0	3,2	3,4	3,5	2,7	15,5	10,5
		2	8,0	15,0	17,6	18,0	14,9	14,1	18,0	19,2
	Сосна	1		4,7	6,7	15,4	17,4	19,6	14,2	15,3
		2	44,2	49,1	50,9	60,9	30,1	28,4	19,3	20,4
Чистые	Сосна	1		5,6	8,0	17,9	19,8	35,5	16,7	21,4
		2	73,2	81,7	96,1	91,3	41,9	51,9	19,6	30,0

Активность пероксидазы хвои ели, произрастающей в смешанных культурах, на протяжении всего вегетационного сезона ниже, чем в чистых. Установлено некоторое понижение активности ее в хвое сосны смешанных культур по сравнению с чистыми. Кроме того, активность этой оксидазы в хвое сосны выше, чем в хвое ели. Так, максимальная активность ее в двулетней хвое ели наблюдается в сентябре (78,5 усл. ед.), в хвое сосны наибольшая активность ее отмечена уже в июле (96,1 усл. ед.).

Понижение активности оксидаз в смешанных культурах сопровождается меньшим содержанием в хвое зеленых пигментов. Аналогичную связь активности пероксидазы в хвое с количеством пигментов обнаружили И. А. Чернавина, Б. А. Рубин, Л. Ф. Николаева (1958). Возрастание активности пероксидазы многие исследователи связывают с неблагоприятными условиями существования (понижение содержания кислорода, низкая температура и пр.). Возможно, что при совместном произрастании в одном фитоценозе фитоклиматические условия складываются более благоприятно для изучаемых пород и это вызывает понижение активности оксидаз в хвое.

Проведенные исследования позволяют сделать определенные выводы.

1. При совместном произрастании сосны и ели прирост их вегетативных органов в длину осуществляется за более короткий период, чем в чистых культурах.

2. Оводненность хвои и побегов сосны и ели в чистых и смешанных культурах наибольшая в период интенсивного роста. К концу вегетационного периода процент сухого вещества в хвое и побегах выше в смешанных культурах.

3. В период интенсивного роста хвои количество хлорофилла в ней незначительно. Биссинтез пигментов осуществляется в основном после прекращения ее роста в длину. В двулетней хвое минимальное содержание пигментов отмечено в весенний период, максимальное — в летне-осенний.

4. В растущей хвое сосны и ели отмечена самая низкая активность каталазы и пероксидазы. С прекращением роста хвои в длину активность оксидаз увеличивается и достигает такой же величины, как в двулетней хвое.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бояркин А. Н. 1961. Быстрый метод определения активности пероксидазы. Биохимия, т. 16, в. 4. Барская Е. И. 1967. Изменения хлоропластов и вызревание побегов в связи с морозоустойчивостью древесных растений. М. Веретенников А. В. 1968. Физиологические основы устойчивости древесных растений к временному избытку влаги в почве. М. Годнев Т. Н. 1956. Хлорофилл и его роль в природе. Минск. Кайрюкитис Л. 1969. Научные основы формирования высокопродуктивных елово-лиственных насаждений. М. Молчанов А. А., Смирнов В. В. 1967. Методика изучения прироста древесных растений. М. Маргайлик Г. И., Трухановский Д. С. 1970. Освещенность полога лесонасаждений. Сб.: Флористические и геоботанические исследования в Белоруссии. Минск. Новицкая Ю. Н. 1971. Особенности физиолого-биохимических процессов в хвое и побегах ели в условиях севера. Л. Смирнов В. В. 1961. Сезонный прирост однолетних побегов и хвои ели и сосны. Сообщ. Лаб. лесоведения, в. 5. Смирнов В. В. 1964. Сезонный рост главнейших древесных пород. М. Смирнов В. В., Кузьмина Е. А. 1966. Сезонные изменения в хвое ели и сосны. Бюлл. МОИП. Сергеева К. А. 1971. Физиологические и биохимические основы зимостойкости древесных растений. М. Тольский А. П. 1913. К вопросу о влиянии метеорологических условий на развитие сосны в Бузулукском бору. Тр. по лесн. опытн. делу в России, в. 47. Спб. Челябинова А. И. 1941. Количество и характер развития хвои в сосновом насаждении. Сб.: Физиологические исследования древесных пород. Тр. ВНИИЛХ, в. 21. Чернавина И. А., Рубин Б. А., Николаева Л. Ф. 1958. Способность к зеленению и окислительные системы хвойных. Науч. докл. высшей школы. Биол. науки, № 1.

## ОСОБЕННОСТИ СОХРАННОСТИ И РОСТА КУЛЬТУР СОСНЫ РАЗНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ, СОЗДАНЫХ ПОСЕВОМ И ПОСАДКОЙ

А. И. САВЧЕНКО, З. С. ПОДЖАРОВА

(Белорусский научно-исследовательский институт  
лесного хозяйства)

Семена, собранные в насаждениях различных условий местопроизрастания, а также с особей, по-разному расположенных в древостое и имеющих разные формы, отличаются своим качеством, что находит отражение в росте, развитии и устойчивости потомства. При этом их индивидуальные особенности проявляются различно и зависят от наследуемости приобретенных признаков, а также условий среды, в которой формируются растения.

Происхождение семян (Носков, 1952, Стецкая, 1963 и др.) сказывается уже на первых этапах жизни растений. Оно проявляется в разной грунтовой всхожести, устойчивости сеянцев к условиям среды, их росте и прочих признаках. М. Н. Лубяко (1941) и М. М. Вересин (1946) отмечают, что индивидуальные особенности энергии роста начинают сказываться на 3—5-й годы жизни. Шведские ученые указывают, что