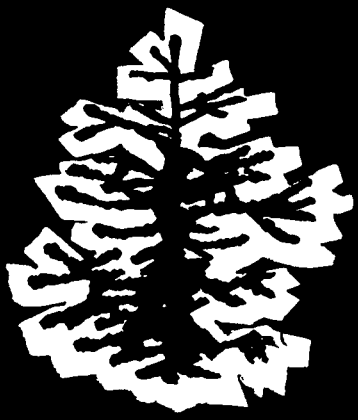


Биоэкологические основы выращивания сеянцев сосны и ели в питомниках

Биоэкологические основы выращивания сеянцев сосны и ели в питомниках

Москва
«Лесная промышленность»
1983

УДК 630*232.32

Биоэкологические основы выращивания сеянцев сосны и ели в питомниках/ Редько Г. И., Огиевский Д. В., Наквасина Е. Н., Романов Е. М.— М.: Лесн. пром-сть, 1983. — 64 с.

Рассмотрены биологические особенности роста сеянцев сосны и ели в питомниках открытого грунта и в теплицах под полиэтиленовыми покрытиями: морфогенез, ритмичность линейного роста, накопление биомассы и элементов минерального питания, адаптация тепличных сеянцев ели к неблагоприятным факторам среды в конце периода вегетации. Рекомендована биоэкологически обоснованная система мероприятий по выращиванию сеянцев.

Для специалистов лесного хозяйства, полезна преподавателям и студентам лесохозяйственных учебных заведений.

Табл. 22, ил. 21, библиогр. — 25 назв.

Рецензент д-р с.-х. наук *Г. Я. Маттис* (Всесоюзный научно-исследовательский институт агролесомелиорации)

Б $\frac{3903000000-015}{037(01)-83}$ 12—83

© Издательство «Лесная промышленность», 1983

Предисловие

Искусственное возобновление является основным звеном в решении ряда важнейших проблем современного лесоводства — повышения продуктивности и качественного состава наших лесов, разработки промышленных методов лесовыращивания, создания плантационных культур. Решениями XXVI съезда КПСС по лесному хозяйству в XI пятилетке предусмотрено: обеспечить улучшение качественного состава лесов, вырастить на площади не менее 8 млн. га молодняка ценных древесных пород, внедрять промышленные методы лесовыращивания, а также приступить к реализации целевой комплексной программы по созданию в Европейско-Уральской зоне СССР постоянной лесосырьевой базы для целлюлозно-бумажной промышленности за счет выращивания леса на специальных плантациях. В СССР около 80% искусственных насаждений создаются посадкой. Тенденция к повышению ее удельного веса в общем объеме лесокультурных работ сохранится и в дальнейшем, так как это более совершенный, экономичный и надежный способ искусственного лесовосстановления и лесоразведения.

Резко возросшие объемы лесокультурных работ обусловили необходимость разработки новых способов выращивания посадочного материала. В последнее время наметился переход от простого испытания различных агротехнических приемов, сроков их проведения к теоретическому обоснованию агротехники и технологии выращивания посадочного материала на основе знаний биологии молодых растений, динамики их роста, питания и развития.

В настоящей работе приведены результаты многолетних исследований биологических особенностей роста и развития сеянцев сосны и ели в питомниках Ленинградской обл. и Марийской АССР и даны рекомендации по интенсификации их выращивания.

Предисловие и раздел «Краткие сведения о биологии роста и развития сеянцев» написаны Г. И. Редько; разделы: «Биологические особенности роста сеянцев сосны и ели» — Д. В. Огиевским, Е. М. Романовым и Е. Н. Наквасиной, «Интенсификация выращивания сеянцев сосны и ели на биоэкологической основе» — Г. И. Редько, Д. В. Огиевским, Е. М. Романовым и Е. Н. Наквасиной.

Краткие сведения о биологии роста и развития сеянцев

Потребность народного хозяйства нашей страны в лесокультурном посадочном материале определяется ежегодными объемами лесовосстановительных работ. Только в годы десятой пятилетки площадь искусственно созданных лесов увеличилась на 5,2 млн. га, а площадь противоэрозионных лесных насаждений и полезащитных лесных полос на полях колхозов и совхозов — на 1,5 млн. га. В настоящее время искусственные насаждения создаются главным образом посадкой — сеянцами (91%) и саженцами (9%). В дальнейшем основным способом создания культур, особенно на вырубках, будет посадка саженцами.

В питомниках ежегодно выращивают 7—8 млрд. сеянцев и саженцев, из них 80% составляют хвойные породы, преимущественно сосна и ель. Значительное увеличение объемов работ по лесовосстановлению и лесоразведению потребует повышения эффективности работы лесных питомников.

Агротехника выращивания стандартного лесокультурного посадочного материала должна быть основана на хорошем знании биологии древесных и кустарниковых пород — закономерностей формирования прироста вегетативных органов растения в течение вегетационного периода, динамики накопления сухого вещества и ритма потребления основных элементов минерального питания, соответствия конкретной экологической обстановки оптимальным режимам роста молодых растений, а также на знании свойств удобрений, необходимых доз и сроков их внесения.

Оптимизация выращивания посадочного материала осложняется недостаточно благоприятными сильно варьирующими экологическими условиями лесных питомников, большим ассортиментом выращиваемых пород и их разными биологическими особенностями. Экологическими факторами, ограничивающими рост, развитие посадочного материала в питомниках Северо-Запада РСФСР и создающими трудности при его выращивании, являются общий недостаток тепла, неблагоприятный режим увлажнения и бедность почв. В этих условиях посадочный материал часто страдает от перегрева верхнего слоя почвы солнечными лучами и последующего его иссушения из-за временного отсутствия дождей. При этом наблюдается полегание всходов в результате ожога корневой шейки и плохой рост сеянцев. Поэтому в лесных питомниках Северо-Запада РСФСР необходимо проводить периодическое отенение всходов и полив в посевных отделениях. В настоящее время значительную часть удобрений вносят в посевные отделения питомников при сплошной обработке почвы до посева семян. Коэффициент использования удобрений посадочным материалом при этом очень низок. Большая их часть переходит в газообразное состоя-

ние, вымывается или фиксируется в почве в недоступной для растений форме, поглощается сорняками и т. д. При предпосевном внесении удобрений теряется возможность управления ростом посадочного материала путем варьирования состава питательного раствора. Изучение биологии роста и развития посадочного материала в лесных питомниках стало настоятельной необходимостью. Дальнейший прогресс выращивания сеянцев и саженцев зависит от результатов подобных исследований.

Растение в онтогенезе проходит несколько разнокачественных стадий развития, характеризующихся сменой требований к условиям окружающей среды. В многолетнем жизненном цикле растений принято различать лишь возрастные периоды: эмбриональный, ювенильный, зрелости и старения. Однако в ювенильный период, особенно в первые 3 года жизни, морфологическая структура, функции сеянцев, их требовательность к экологическим условиям не остаются неизменными.

С. Н. Санников [17] под этапами индивидуального роста и развития самосева сосны обыкновенной понимает последовательный ряд наследственно обусловленных разнокачественных периодов их жизни, характеризующихся более или менее отчетливыми и значительными физиологическими, анатомо-морфологическими и экологическими различиями. Совокупность этапов образует биологический ритм развития растения. Процесс роста и развития самосева сосны он подразделил на 5 этапов: прорастание семян (1—2 недели); формирование проростка (20—25 дней); укоренение и приживаемость всходов 1—2-летнего возраста; начало прогрессирующего роста «окрепшего самосева» (3—5 лет); свободный прогрессирующий рост «устойчивого самосева» (старше 5 лет).

Годичный цикл развития древесных пород умеренного пояса многие исследователи подразделяют на периоды роста, глубокого и вынужденного покоя. Сезонное развитие растений в течение года может характеризоваться также совокупностью фенологических фаз [1]. Однако эти периоды развития растения практически не отражают качественных изменений, происходящих с сеянцами древесных и кустарниковых пород в первые годы их жизни, а особенно в течение первого вегетационного периода.

В ходе развития сеянцев наблюдаются вполне отчетливые качественные этапы или стадии, различающиеся по комплексу морфологических, физиологических, анатомических и экологических признаков. Эти этапы отражают эволюцию того или иного вида растений.

М. Н. Ширская [19] в развитии сеянца сосны кедровой сибирской в течение первого года его жизни выделяет 5 стадий: подземное развитие; формирование семядолей, освобождение их от семенных покровов с использованным эндоспермом, образование зачатка первичной хвои, продолжение роста главного корня и начало роста боковых корней; окончательное развитие семядолей, рост первичной хвои, образование зачатка почки, замедление роста главного корня, интенсивный рост корней 2-го порядка, начало роста корней 3-го порядка, формирование придаточных корней у шейки корня; окончательное развитие первичной хвои, формирование верхушечной почки, одревеснение гипокотиля, замедление роста корней 2-го и 3-го порядков, продолжение роста придаточных корней; окончательное формирование почек.

Н. Е. Булыгин [1] в сезонном развитии всходов и однолетних древесных растений выделяет два этапа: развитие подсемядольной (гипокотильной) части растения — разделен на 3 фенофазы: появление всходов, распускание и опадение семядолей; развитие надсемядольной (эпикотильной) части — разделен на 9 фенофаз: распускание зародышевой почки, начало линейного роста первичного побега, окончание его линейного роста, опробковение первичного побега по всей

длине, облиствение первичного побега, расцвечивание отмирающих первых листьев, их опадение, обособление на первичном побеге терминальной почки возобновления, опробковение наружных чешуй терминальной почки.

Детальная разработка методики фенологических наблюдений за сеянцами первого года жизни в питомниках и исследование взаимосвязей фенологического состояния растений с ритмичностью их роста, минерального питания, требовательностью к условиям окружающей среды позволит разработать научно обоснованную систему питания молодых растений и уходов за ними в конкретных экологических условиях в зависимости от их морфологических особенностей сезонного развития.

В сезонном развитии сеянца выделены фазы по преобладанию или быстроте накопления сухого вещества в одном из органов. Так, С. М. Зепалов [4, 5] в развитии однолетних сеянцев вяза обыкновенного выделил 3 фазы — семядольную, листовую и корневую. На их основе он разработал агротехнику выращивания посадочного материала в южных районах нашей страны.

При выращивании лесокультурного посадочного материала необходимо знать своеобразие экологических условий района, так как они определенным образом влияют не только на рост и формирование сеянцев, но и на эффективность использования удобрений. В процессе анализа экологических условий следует выявить главные, отрицательно влияющие на выращивание посадочного материала, факторы, точно знать последствия и наметить пути преодоления их отрицательных воздействий.

Рассматривая ритмичность роста и развития сеянцев древесных пород в течение периода вегетации, Щербаков [20, 22, 23] отмечает, что у сеянцев древесных и кустарниковых пород ритмичны не только процессы линейного роста вегетативных органов, но и процессы накопления органического вещества и элементов минерального питания, которые периодически усиливаются или ослабевают в разные сроки вегетационного периода. Линейный рост отдельных органов растения всегда предшествует накоплению сухого органического вещества в них. В различных почвенно-климатических условиях ритмичность накопления сухого вещества специфична, а распределение его в разных органах однолетних и двухлетних сеянцев древесных пород в течение вегетационного периода происходит неравномерно [21, 22]. В первой половине вегетационного периода преобладает расход пластических веществ на построение листовой ткани, а во второй — на образование стволиков и корней.

Рост и развитие двухлетних сеянцев имеют свои особенности. В период распускания почек и образования первых листьев наблюдается отток пластических и зольных веществ из стволиков и корней сеянцев в ткани листьев. Этот отток у разных древесных пород неодинаков. Он определяется не только скоростью ростовых процессов в листьях, но и интенсивностью дыхания и фотосинтеза. В этот период в стволиках и корнях гидролитические процессы преобладают над синтезирующими. Этим же отчасти можно объяснить и замедленный темп накопления сухого вещества в стволиках и корнях двухлетних сеянцев в первые 2 мес. вегетационного периода. Лишь после того как листовой аппарат достаточно развился в онтогенетическом развитии сеянцев наступает критический

период. Этот период наиболее важен с точки зрения обеспечения оптимального почвенного питания растений. Далее следует период бурного накопления сухого вещества в стволиках и корнях, причем далеко не равномерный у разных пород в различные отрезки времени [21].

Двухлетние сеянцы ели, лиственницы, выращенные в Московской области, и двухлетние сеянцы сосны, выращенные в разных областях европейской части СССР, имеют специфичный для каждой породы характер накопления сухого вещества в различных органах со своими максимумами и периодичностью в течение вегетационного периода (рис. 1 и 2). У двухлетних сеянцев сосны наибольшая интенсивность накопления сухого вещества в хвое, стволиках и корнях отмечалась в июне, затем вторично обнаруживалась в хвое в сентябре, в стволиках — в августе — октябре, а в корнях — в сентябре. Во всех органах ели прирост достигал максимума в августе и продолжался до октября. В стволиках лиственницы большой прирост сухого вещества (37% от годичного) отмечался в октябре.

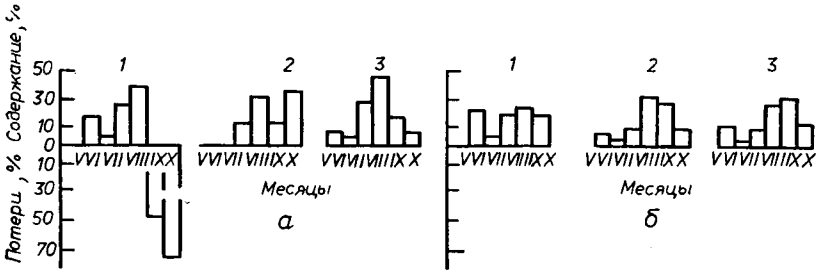


Рис. 1. Содержание и потери сухого вещества (% годового прироста) в двухлетних сеянцах, выращенных в Московской области [22]:

а — лиственница; *б* — ель; *1* — листья (хвоя); *2* — стволики; *3* — корни; разорванный столбик — потери всей массы листьев (хвои)

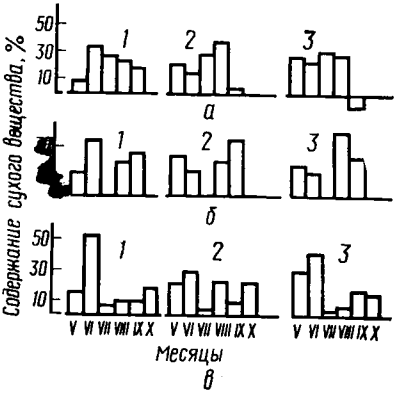


Рис. 2. Содержание сухого вещества (% годового прироста) в двухлетних сеянцах сосны, выращенных в различных областях [22]:

а — Воронежской (Хоперское лесничество); *б* — Ростовской (ст. Обливская); *в* — Московской (Черкизово); *1* — хвоя; *2* — стволики; *3* — корни

Для определения влияния различных факторов на рост сеянцев в ранние фазы их развития, а также нахождения оптимального режима выращивания необходимо знать характер питания и процесса обмена веществ в течение вегетационного периода. Изучение физиологических закономерностей питания сеянцев в различных условиях местопроизрастания имеет не только теоретическое, но и большое практическое значение. Оно позволит разработать основные принципы использования удобрений, а также определить их виды, дозы и сроки внесения.

Потребность каждого растительного организма в питании меняется с возрастом, зависит от почвенно-климатических условий и способов возделывания почвы. Наряду с поступлением питательных веществ в растение, происходят их потери, вызываемые опадением листьев, вымыванием атмосферными осадками с их поверхности солей азота, калия, кальция, магния, а также оттоком питательных веществ в почву через корневую систему. Эти потери к концу вегетации у различных пород неодинаковы. Так, потери калия всегда больше потерь фосфора, а при избыточном количестве какого-либо элемента в растении вероятность его потери выше, чем при недостаточном [22]. Коэффициент использования растением питательных веществ из почвы также сильно колеблется в зависимости от свойств почвы, условий произрастания, количества атмосферных осадков, агротехники и других причин.

Содержание элементов почвенного питания в органах сеянцев изменяется во времени — оно то увеличивается, то уменьшается. Особенно резко это выражено в отношении азота, калия, магния и менее резко в отношении кальция и фосфора.

Результаты проведенных исследований позволяют говорить о наличии специфичных для каждой породы ритмов поступления питательных веществ из почвы и их накопления [22]. Периодичность накопления питательных веществ представлена в основном двумя максимумами: у сосны в хвое — в июне-августе, а в стволиках и корнях — в августе-октябре; у ели во всех органах — в августе-сентябре и у лиственницы — в июле-августе.

Систему удобрений следует строить на основе биологических особенностей растений и конкретных почвенно-климатических условий каждого питомника. Кроме того, необходимо учитывать условия выращивания посадочного материала и те требования, которые к нему предъявляются (развитие надземной части и корневой системы, степень одревеснения стволиков, своевременное окончание вегетации и др.). При выращивании посадочного материала в лесных питомниках необходимо всемерно улучшать условия питания, чтобы воспитывать биологически здоровые сеянцы и саженцы древесных пород, стойкие против неблагоприятных условий внешней среды, способные хорошо приживаться на постоянном месте и давать хороший прирост.

Эффективность удобрения зависит в первую очередь от его дозы и соотношения в питательной среде азота, фосфора и калия. Установлено, что сеянцы различных древесных пород неодинаково

реагируют на разные количественные соотношения основных элементов минерального питания и концентрацию почвенного раствора. Физиологически уравновешенным оптимальным соотношением N : P : K для лиственных пород считается 1 : 2,11 : 1,12, а для хвойных — 1 : 0,85 : 1,12.

Рекомендации по применению удобрений в лесных питомниках строят на экспериментальных данных полевых опытов с учетом выноса из почвы питательных веществ и сезонной динамики поступления их в растения [18]. Изучение только выноса и сезонного поступления питательных веществ в растения в природных условиях не может быть основополагающим для определения уровня минерального питания. В противном случае пришлось бы под сеянцы вносить больше всего азота и намного меньше фосфора, так как сеянцы поглощают азота значительно больше. В результате этого получился бы переросший посадочный материал с рыхлой древесиной и слаборазвитой корневой системой. К. А. Тимирязев писал, что «...растение может содержать известные вещества не потому, что они для него необходимы, а потому только, что они находятся в почве»[1]. Поступление питательных веществ в сеянцы древесных пород зависит также от соотношения элементов питания в почве и природы того или иного организма.

При выращивании сеянцев дуба внесение фосфорного удобрения, особенно двойной дозы, увеличивает содержание фосфора во всех частях растения. Внесение азотного удобрения на фоне повышенного фосфорного питания способствует более экономному расходованию фосфора на построение всех частей растения, но при этом содержание азота в сеянцах повышается [18]. Избыточное азотное питание тормозит рост сеянцев древесных и кустарниковых пород.

Данные динамики питания могут использоваться как ориентировочные для тех конкретных условий, в которых они получены, и в аналогичных условиях, особенно при диагностике достаточности корневого питания растений. При выращивании сеянцев древесных и кустарниковых пород рекомендуется использовать удобрения: основные — для внесения при подготовке почвы, рядковые — одновременно с посевом семян и в виде подкормок во время усиленного роста сеянцев. Внесение высоких доз (40 т/га) органического удобрения, в котором азот преобладает над фосфором, приводит к удлинению вегетации и образованию рыхлых тканей и в конечном итоге к снижению морозостойкости сеянцев. Поэтому органические удобрения надо вносить в сочетании с минеральными фосфорными.

В зависимости от плодородия почвы и требовательности сеянцев различных древесных пород рекомендуются следующие дозы основного минерального удобрения: азота 40—60 кг/га, P_2O_5 (в виде суперфосфата) 60—90 кг/га, K_2O 30—50 кг/га. Норма орга-

[1] К. А. Тимирязев. Соч., т. 3. М., Сельхозгиз, 1937, с. 54.

нического удобрения 15—25 т/га. Более высокие дозы правильно подготовленного навоза и компоста нецелесообразны [18]. Лучше всего среднюю дозу органического удобрения вносить в сочетании с минеральным фосфорным удобрением (P_2O_5 60—80 кг/га). Рядковое удобрение (P_2O_5 20 кг/га) можно вносить в виде гранулированного суперфосфата вместе с семенами. Желательно к суперфосфату добавлять 10—15 ц перегноя-сырца.

Исследования по биологическому обоснованию выращивания посадочного материала проводятся также в теплицах с полиэтиленовым покрытием. В условиях Латвийской ССР Г. А. Игаунис [6, 7] исследовал продолжительность прорастания семян в разных субстратах, зависимость прироста сеянцев в высоту от температуры воздуха в теплице, содержание хлорофилла в хвое сеянцев, содержание сухого вещества и минеральных питательных веществ в однолетних сеянцах, анатомическое строение сеянцев, вынос макро- и микроэлементов однолетними сеянцами хвойных пород и сорняками, круговорот минеральных питательных веществ в теплице. В результате разработана научно обоснованная агротехника выращивания посадочного материала для условий Латвии. Вопросы ритмичности процессов роста посадочного материала им не рассматривались.

Анализ проведенных исследований и опыт выращивания сеянцев показывают, что в условиях Северо-Запада РСФСР агротехника выращивания посадочного материала в лесных питомниках основана только на многолетней практике выращивания сеянцев и саженцев в питомниках.

Биологические особенности роста сеянцев сосны и ели

Многие особенности роста сеянцев древесных пород определяются климатическими условиями района их произрастания, в частности температурным режимом. Наши исследования проводились в 1972—1980 гг. в Ленинградской обл. и Марийской АССР. Ленинградская обл. расположена в зоне таежных лесов. Средняя температура июля 12—14° С на севере и 16—17° С на юге, годовая сумма осадков 600—700 мм. Территория Марийской АССР находится на границе южной части лесной зоны и северной лесостепи. Средняя температура июля 19° С, годовая сумма осадков 450—500 мм.

Одно- и двухлетние сеянцы сосны и ели выращивались в питомниках Лисинского и Сиверского лесхозов Ленинградской обл. и Мушмаринского лесхоза Марийской АССР. Опыты проводили в открытом грунте и в теплицах с полиэтиленовым покрытием. Экологические условия питомников открытого и закрытого грунтов различны. Так, в теплицах среднесуточная температура воздуха повышается на 3—5°, средняя относительная влажность воздуха составляет 80% (в пасмурные и прохладные дни она достигает

100%), воздействие неблагоприятных факторов (заморозков, освещенности и др.) снижается, содержание углекислого газа в воздухе увеличивается. Микроклиматические условия теплиц благоприятно влияют на рост и развитие растений.

Методикой исследований предусматривался периодический отбор образцов сеянцев в питомниках, измерение их биометрических параметров, взвешивание, определение содержания азота, фосфора и калия во всех органах, биохимический анализ хвои. На основе полученных результатов разработана оптимальная агротехника выращивания посадочного материала, испытанная в посевных отделениях питомников. Оригинальность проведенных исследований заключается в том, что изменения требовательности растений к почвенному питанию, особенности накопления сухого вещества в их органах рассматривали в зависимости от морфологического состояния растений (фенофаз или периодов сезонного развития). Это позволило установить необходимость проведения того или иного агротехнического ухода по внешнему виду сеянцев, а не по календарным датам, которые часто не дают точного представления об изменении потребностей растений.

Наблюдения за сеянцами хвойных пород проводились по следующим фенофазам (рис. 3): I. Прорастание семян — от посева до появления всходов. II. Появление всходов — над поверхностью субстрата или почвы поднимаются на вытягивающихся гипокотилях и семядолях семенные покровы. III. Развертывание семядолей — семядоли сбрасывают семенные покровы и распускаются. IV. Появление почки зачаточного побега — между семядолями закладывается четко различимый бугорок с яркой окраской (от белой до темно-красной), который затем разделяется на зачатки хвои. V. Развертывание хвои — формирующиеся хвоинки приобре-

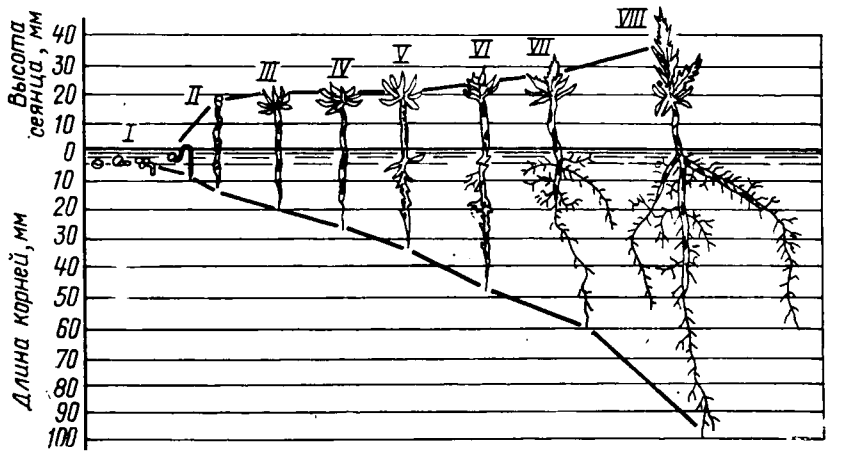


Рис. 3. Морфологические изменения сеянцев ели в процессе онтогенеза:
I—VII — фенофазы; *VIII* — сеянец второго года жизни

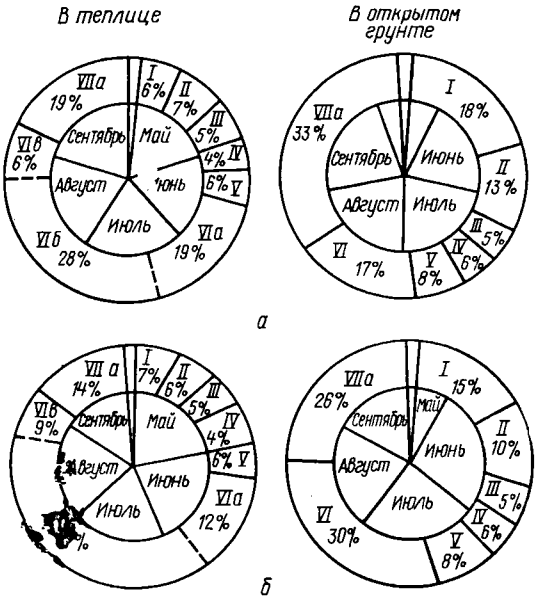


Рис. 4. Феноспектр сезонного развития однолетних сеянцев ели:

а — данные 1976 г.; *б* — данные 1977 г.; *I—VII* — фенофазы; в процентах указана продолжительность фенофазы от длительности периода вегетации

тают желтовато-зеленый или зеленый цвет, их длина составляет более половины длины семядолей. VI. Рост эпикотильной части стволика — формирующаяся эпикотильная часть стволика приподнимает сформировавшуюся хвою над уровнем прикрепления семядолей; у сеянцев, находящихся в особо благоприятных условиях, в частности в теплице, эта фаза может быть подразделена на подфазы линейного роста: а) начало, б) интенсивный рост и в) замедление. VII. Переход растения в состояние покоя делится на подфазы: а) линейного роста корневых систем (прекращение роста сеянцев в высоту и активный рост корней); б) интенсивного одревеснения корней (прекращение линейного роста всех органов сеянца).

При проведении фенологических наблюдений за сеянцами сосны обыкновенной необходимо дополнительно выделить фенофазу распускания первичной хвои, расположенной на стволике спирально поодиночке, при наблюдениях за сеянцами лиственницы — выделить фенофазы расцвечивания и опадения хвои.

Время наступления и скорость протекания различных фенофаз зависят от экологических условий (рис. 4). Основные отличия в сезонном развитии сеянцев в теплице и открытом грунте — сокращение срока прорастания семян и увеличение продолжительности роста сеянцев в высоту. Фенологические наблюдения за ростом двухлетних сеянцев ели могут проводиться по методике, для наблюдений за взрослыми деревьями, так как нет качественных различий между этапами сезонного развития двухлетних сеянцев ели и однолетних побегов взрослых деревьев [1]. Развитие двухлетних сеянцев сосны существенно отличается от развития однолетних

побегов многолетних древесных растений. Поэтому для них необходима другая методика фенологических наблюдений.

Закономерности линейного роста однолетних сеянцев. Линейный рост стволика и корней сеянцев древесных пород наряду с проявлениями морфологических признаков в процессе органогенеза — наиболее наглядный показатель их сезонного развития. В течение первого вегетационного периода растет зародышевый корешок, вытягивается гипокотиль, несущий семядоли, развивается эпикотиль, формируется корневая система и ассимиляционный аппарат растения. Последовательность развития сеянца обусловлена биологически. Каждый этап его развития характеризуется определенными закономерностями роста и новоообразованиями отдельных вегетативных органов.

Установлено, что способ подготовки семян и сроки их посева влияют лишь на время проявления отдельных морфологических признаков, продолжительность этапов морфогенеза и абсолютные значения качественных показателей сеянцев сосны и ели, не изменяя общего хода сезонного развития сеянца. При благоприятном режиме увлажнения и оптимальных температурных условиях через 4—5 дней после посева семена наклевываются, зародышевый корешок трогается в рост. После того как корешок углубится в почву на 1—1,5 см, начинается рост гипокотиля (подсемядольного колена), выносящего семядоли на поверхность земли. В условиях открытого грунта его интенсивный рост продолжается до середины июня — начала июля, в теплицах с полиэтиленовым покрытием до второй половины мая. К моменту окончания линейного роста гипокотиля семядоли освобождаются от семенных покровов и развертываются. Иногда семенные покровы защемляют распускающиеся семядоли и остаются на них до двухлетнего возраста растений. В таком случае развивающийся эпикотиль сначала деформируется, затем раздвигает семядоли, выходит между ними из-под семенных покровов, и, изгибаясь, начинает расти вверх. Дальнейшее развитие сеянца в большинстве случаев не зависит от того, были защемлены семядоли или нет.

Иногда в связи с большой глубиной заделки семян или с уплотнением верхних слоев почвы семядоли не выходят на поверхность земли, вместо них появляются так называемые «ключики» — изогнутые участки гипокотиля. Длина гипокотильной части всходов сосны и ели достигает 3,5 см. Она не зависит от условий роста и, видимо, детерминирована наследственно. Скорость роста гипокотиля довольно велика — более 1 мм/сут. Этот период — наиболее напряженный в физиологическом отношении, так как высокий уровень транспирации гипокотиля и семядолей обусловливает низкую устойчивость проростка к почвенной и атмосферной засухе.

Дальнейший прирост однолетнего сеянца в следующие периоды вегетации обеспечивается деятельностью эпикотиля. Примерно через 2 недели после остановки роста гипокотиля трогается в рост почка, дающая начало системе главного побега. В июле-августе на осевом побеге появляются зачаточные почки боковых побегов,

часть из которых трогается в рост в текущем году. Длительность периода и скорость роста эпикотиля в полной мере зависят от экологических условий. Так, в теплице его продолжительность достигает 75 дней. В этих условиях кривая роста эпикотиля в высоту довольно четко разделяется на 3 участка аналогично кривой большого периода роста Сакса (S-образная кривая): начало, интенсивный рост и его замедление (рис. 5). Окончание линейного роста сеянцев в высоту успешно регулируется фотопериодом. На основании анализа кривых роста однолетних сеянцев в условиях открытого грунта и в теплице выделены следующие периоды линейного роста растений: рост гипокотиля; временная остановка роста; рост эпикотиля; прекращение линейного роста.

Одна из основных биологических особенностей роста однолетних сеянцев — длительный период их вегетации. Так, например, однолетние сеянцы ели в условиях открытого грунта и в теплице (Сиверский лесхоз) заканчивают рост в высоту во второй половине августа — начале сентября. В это время однолетние побеги взрослых деревьев уже прекратили рост и частично одревеснели. Формирование хвои начинается через 10—14 дней после появления всходов в теплице и через 20 дней — в открытом грунте. Во время развертывания хвои скорость ее роста в длину достигает максимальной. Молодая хвоя заканчивает рост в августе-сентябре в зависимости от экологических условий.

Ассимиляционный аппарат у однолетних сеянцев сосны и ели формируется иначе, чем у однолетних побегов многолетних растений. У однолетних растений число хвоинок в период вегетации постоянно возрастает, что обусловлено непрерывной деятельностью апикальной меристемы стволика сеянца. В результате дифференциации клеток меристемы образуются новые зачатки хвоинок, ко-

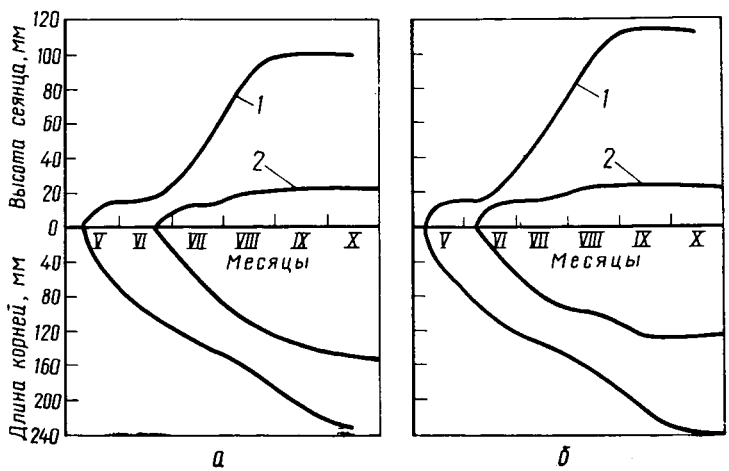


Рис. 5. Кривые роста однолетних сеянцев ели:

а — данные 1976 г.; *б* — данные 1977 г.; *1* — в теплице; *2* — в условиях открытого грунта

торые сразу же трогаются в рост без длительного состояния покоя, свойственного сформированным почкам у многолетних деревьев.

Увеличение числа хвоинок и изменение величины их поверхности в течение вегетационного периода графически образуют кривую Сакса, особенно четко выраженную в благоприятных условиях роста. Темпы образования хвоинок и увеличение площади их поверхности наиболее интенсивны в период линейного роста стволика. В конце вегетационного периода площадь поверхности 1 г сырой хвои сеянцев ели в теплице 1800 см^2, в открытом грунте — 2500 см^2. Меньшая удельная поверхность хвои сеянцев в теплице, вероятно, является следствием большей неровности поверхности хвои сеянцев в открытом грунте, которая образуется под воздействием экстремальных условий.

Густота охвоения двухлетних сеянцев ели в открытом грунте составляет 26 хвоинок на 1 см длины эпикотильной части стволика, у однолетних сеянцев она достигает 45—50 шт/см, а у сеянцев в теплице составляет 14—15 шт/см. Иными словами, сеянцы ели в теплице характеризуются менее густым охвоением стволиков, их хвоя несколько длиннее, чем у одно- и двухлетних сеянцев, выращенных в открытом грунте.

Формирование корневой системы сеянцев сосны и ели начинается с появления на главном корне корневых окончаний 1-го порядка. У сеянцев ели, выращенных в открытом грунте и в теплицах, это происходит одновременно с развертыванием хвои. Через 20—25 дней образуются боковые корни 2-го порядка. Они появляются прежде всего на наиболее длинных корневых окончаниях 1-го порядка, а позднее и на коротких. В табл. 1 приведены данные исследования сеянцев, выращенных в условиях открытого грунта (Лисинский лесхоз, 1976 г.). В период интенсивного роста

1. Развитие корневой системы однолетних сеянцев
(числитель — ель, знаменатель — сосна)

Показатели	Дата отбора образцов			
	20. VII	1. VIII	13. VIII	25. VIII
Число корней, шт.:				
1-го порядка	4,3 / 4,2	6,6 / 6,6	10,5 / 10,2	13,2 / 15,5
1-го порядка, с боковыми окончаниями 2-го порядка	— / —	2,6 / 2,4	4,5 / 4,3	5,1 / 5,5
Длина бокового корня, мм:				
1-го порядка	5,1 / 4,8	8,1 / 6,4	9,2 / 6,7	9,0 / 6,9
1-го порядка с боковыми окончаниями 2-го порядка	— / —	21,0 / 13,2	14,0 / 11,1	14,4 / 12,1

стволиков у сеянцев сосны образуются корни 3-го порядка. Боковые окончания 3-го порядка у ели и 4-го порядка у сосны, завершающие структурообразование корневой системы однолетнего сеянца, иногда появляются в начале осени, когда линейный рост надземных органов закончен.

В процессе развития корневой системы сеянцев меняется физиологическая и структурообразовательная роль ее отдельных компонентов. Так, доля участия главного корня в общей длине корневой системы к концу периода вегетации снижается. На ранних этапах органогенеза стержневой корень и боковые окончания проростков имеют корневые волоски и выполняют роль сосущих корней. По мере их роста эндодерма пробковеет, и корни выполняют главным образом скелетную и проводящую функции.

К концу сезона роста на сосущих корнях сеянцев сосны появляется белая микориза, которая ветвится вильчато или коралловидно. На корнях однолетних сеянцев ели, выращенных в открытом грунте, микориза не обнаружена.

Основная масса боковых корней ели распространяется в верхнем 10-сантиметровом слое почвы или субстрата (рис. 6). У сеянцев сосны корни распределяются по глубине проникновения главного корня более равномерно. Однако и здесь большая часть длины боковых корней, а, следовательно, и основная масса мелких корневых окончаний высших порядков расположена в поверхностном слое почвы. Особенности строения корневой системы однолетних сеянцев сосны и ели необходимо учитывать при проведении уходов, особенно при прополках и рыхлении. Глубокое рыхление почвы нередко приводит к механическому повреждению корневых окончаний сеянцев, а в жаркое время года — к их подсыханию.

Рост однолетних сеянцев во многом зависит от подготовки семян к посеву. Сеянцы, выращенные из снегованных семян, формируют более мочковатую корневую систему, чем неснегованные. В условиях открытого грунта (Лисинский лесхоз) у однолетних

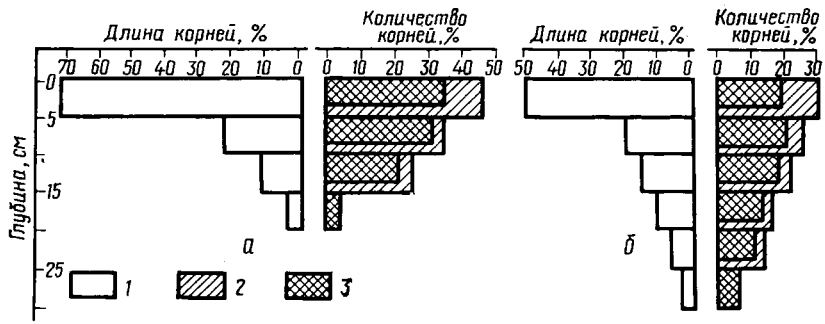


Рис. 6. Распределение суммарной длины и числа боковых корней 1-го порядка (%) по ступеням глубины проникновения главного корня однолетних сеянцев:
а — ель; *б* — сосна; *1* — длина корней; *2* — число корневых окончаний; *3* — число мелких корней (до 10 мм)

сеянцев сосны, выращенных из снегованных семян, коэффициент ветвления корней 1-го порядка (отношение длины корней, мм, к их числу) составил 8,3, а из неснегованных 5,4; у сеянцев ели соответственно 5,3 и 4,8.

При раннем и позднем сроках посева погодные условия оказывали заметное влияние на развитие корневой системы однолетних сеянцев. В табл. 2 приведены данные исследований корневой системы сеянцев в условиях открытого грунта (Лисинский лесхоз, 1977 г.). Активный рост однолетних растений стимулировался как предпосевной обработкой семян, так и благоприятными гидротермическими условиями во время их прорастания.

Накопление сухого органического вещества однолетними сеянцами в вегетативных органах растения является основным показателем роста. Этот процесс в меньшей степени, чем линейный рост, изменяется под влиянием почвенно-климатических условий и считается наиболее устойчивым показателем при оценке закономерностей развития растений [4, 23].

Независимо от способа подготовки семян, времени их посева и экологических условий наблюдается определенная закономерность в росте сеянцев. Прирост сухого вещества у прорастающих семян и всходов идет медленно: в первую половину периода вегетации тканями сеянцев аккумулируется всего 25—35% сезонного накопления фитомассы. После появления основного ассимиляционного органа растения — хвои синтез сухого вещества несколько усиливается. В течение вегетационного периода кривая хода накопления сухого вещества в сеянце в благоприятных условиях роста теплицы образует четко выраженную кривую Сакса в открытом грунте, возможны существенные отклонения от этой кривой (рис. 7), обусловленные особенностями роста сеянцев в этих условиях.

В процессе периода роста сухое вещество в хвое накапливается более интенсивно, чем в корнях и стволике. Усиленное синтезирование сухого вещества новообразующимися тканями хвои проис-

2. Развитие корневой системы однолетних сеянцев в зависимости от сроков посева и способов подготовки семян
(числитель — ель, знаменатель — сосна)

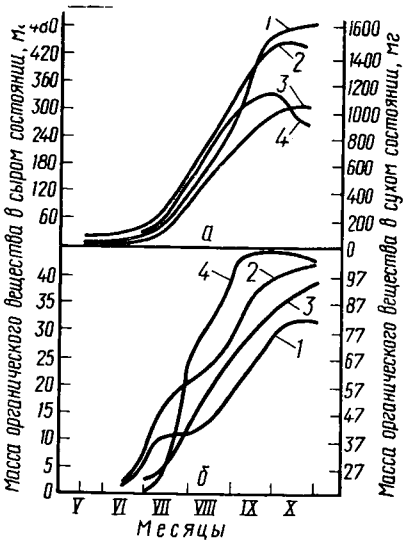
Способ обработки семян	Дата посева	Длина главного корня, мм	Суммарная длина боковых корней 1-го порядка, мм	Число боковых корней 1-го порядка, шт.
Снегованные	14.V	144,9+3,4 / 275,7±3,4	294,7+11,8 / 501,4±37,9	51±2 / 68±4
	24.V	118,2±2,0 / 272,5±4,0	242,9±17,0 / 461,0±34,2	47±3 / 56±4
	3.VI	113,5±3,0 / 266,4±4,3	248,7±27,7 / 427,8±34,6	43±5 / 60±4
Неснегованные	24.V	113,9±1,5 / 238,6±4,6	152,6±11,2 / 294,7±26,3	32±3 / 55±4

ходит не только за счет прироста числа хвоинок, но и за счет постоянного увеличения массы одной хвоинки. Иногда наблюдается снижение средней массы хвоинки, например во время распускания почек боковых побегов, когда появляется большое число мелких хвоинок.

В течение сезона роста доля отдельных вегетативных органов в общей массе сеянца неодинакова. В табл. 3 приведены данные исследования сеянцев, выращенных в открытом грунте в Лисинском лесхозе (посев 14.V.1977 г.). В период интенсивного роста гипокотильной части стволика и выноса семядолей на поверхность земли большая доля органического вещества проростков сосны и ели приходится на семядоли и стволики. С появлением хвои она в общей массе сеянца снижается. Более половины всех пластических веществ идет на построение фотосинтезирующего аппарата растения. Доля корней в общей массе сеянцев сосны и ели снижается до конца июля, затем неравномерно возрастает как в теплице, так и в условиях открытого грунта, но темпы этих изменений существенно различаются. В результате к концу вегетационного периода соотношение массы надземной и подземной частей сеянца ели в теплицах составляет приблизительно 4 : 1, в открытом грунте 2 : 1. Этот показатель наряду с морфологической структурой корневой системы может быть использован как индикатор качества посадочного материала и характера среды, в которой растут сеянцы. По данным А. Р. Родина [16], лучшим соотношением для

3. Распределение сухого органического вещества между органами однолетних сеянцев, %
(числитель — ель, знаменатель — сосна)

Дата отбора образцов	Семядоли	Хвоя	Стволики	Корни
14.VI.	47,0/42,4	—/—	37,8/45,6	15,2/12,2
19.VI.	47,8/39,4	—/—	34,4/49,4	17,8/11,2
24.VI.	48,1/41,0	—/—	34,6/48,0	17,3/11,0
29.VI.	51,3/50,2	—/—	33,3/34,9	15,4/14,9
4.VII.	46,1/44,4	8,2/8,5	30,6/29,6	15,1/17,5
9.VII.	38,0/28,3	16,8/28,2	31,3/23,4	13,9/20,1
14.VII.	30,8/20,6	27,8/37,5	25,2/19,1	16,2/22,8
19.VII.	27,1/16,5	31,7/45,9	23,3/16,8	17,9/20,8
24.VII.	22,3/13,3	38,6/52,8	20,6/14,8	18,5/19,1
29.VII.	19,1/10,4	42,7/56,5	19,4/15,1	18,8/18,0
3.VIII.	16,9/8,6	46,1/56,2	17,3/13,6	19,7/21,6
8.VIII.	14,8/7,0	50,8/57,8	15,4/12,0	19,0/23,2
13.VIII.	12,2/5,5	52,0/64,1	14,8/11,5	21,0/18,9
18.VIII.	12,0/4,7	54,2/64,8	13,6/10,3	20,2/20,2
23.VIII.	11,5/4,0	53,7/63,2	13,3/9,8	21,5/23,0
28.VIII.	11,8/3,9	53,6/63,5	13,3/9,8	21,3/22,8
2.IX.	10,5/3,5	51,1/62,6	13,0/9,7	25,4/24,2
7.IX.	8,8/2,8	50,5/60,8	13,7/9,6	27,0/26,8
12.IX.	8,5/2,6	50,9/63,1	13,1/8,9	27,5/25,4
17.IX.	7,5/1,9	50,1/61,6	12,6/8,5	29,8/28,0
22.IX.	7,0/2,2	48,0/59,2	12,0/8,2	33,0/30,4



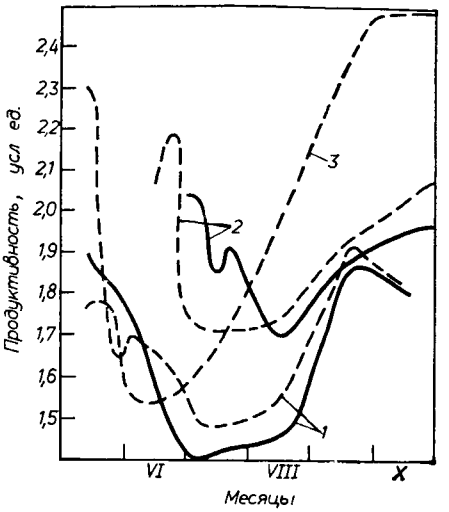


Рис. 7. Накопление биомассы сеянцами ели в сухом и сыром состоянии:
а — в теплице; *б* — в открытом грунте: *1, 2* — данные 1977 г.; *3, 4* — данные 1976 г.

Рис. 8. Продуктивность работы ассимиляционного аппарата сеянцев ели:
1 — в теплице; *2* — в открытом грунте; однолетние; *3* — то же, двухлетние; сплошная линия — данные 1976 г., штриховая — данные 1977 г.

сеянцев сосны и ели является 2 : 1. В этом случае показатели роста сеянцев в условиях открытого грунта близки к оптимальным.

Работа листового аппарата однолетних сеянцев характеризуется показателем количества сухого вещества в стволике и корнях, приходящегося на единицу сухого вещества ассимиляционного аппарата. Исследованиями сезонной динамики данного показателя в Сиверском лесхозе установлено, что для сеянцев ели и сосны его следует рассчитывать как частное от деления массы всего растения на массу ассимиляционного аппарата. Это связано с тем, что хвоя однолетних сеянцев не опадает осенью. Анализ показателя продуктивности позволил установить, что наивысшую продуктивность работы листового аппарата имеют двухлетние сеянцы в условиях открытого грунта, которые продуцируют 2,5 мг сухого вещества на 1 мг сухой массы хвои к концу вегетационного периода. Несколько ниже продуктивность у однолетних сеянцев открытого грунта — около 2 мг и самая низкая у сеянцев в теплице — 1,8—1,9 мг (рис. 8).

Важное значение при интенсификации выращивания посадочного материала имеет выяснение роли отдельных факторов внешней среды на рост, на который влияет множество факторов, но один из них всегда более важен, чем остальные. В условиях достаточного увлажнения таким фактором является термический режим, определяющий ход сезонных явлений. Температура 4—

5° С — биологический минимум вегетации. В ее начале, а также в период прироста побегов в высоту у всех пород отмечена прямая зависимость энергии роста от температуры воздуха. Г. А. Игаунис [6] установил тесную корреляцию между высотой тепличных сеянцев в первом вегетационном периоде и суммой эффективных температур. Результаты исследований в Марийской АССР подтверждают полученные для условий Латвии результаты (табл. 4). Нами впервые получены данные о влиянии на рост сеянцев сосны в высоту температуры почвы и разности минимальной и максимальной температур воздуха. Возможности регулирования термического фактора в природных условиях ограничены, но это возможно при выращивании сеянцев в теплицах.

Минеральное питание однолетних сеянцев. Основным источником питательных веществ для растений является почва. Органические и минеральные удобрения служат дополнительным источником улучшения условий питания растений. Для установления

4. Корреляционная связь между ростом сеянцев сосны и значениями экологических факторов среды
(числитель — в открытом грунте, знаменатель — в теплице)

Компоненты корреляционной связи	Коэффициент корреляции	Ошибка коэффициента корреляции	Достоверность коэффициента корреляции
Сумма положительных температур воздуха (x) и высота стволика (y):			
в 7 ч	0,90 / 0,84	0,015 / 0,089	61,1 / 9,5
в 13 ч	0,95 / 0,85	0,028 / 0,08	33,2 / 9,5
в 17 ч	0,58 / 0,82	0,182 / 0,102	3,2 / 8,1
Сумма среднесуточных положительных температур (x) и высота стволика (y)	0,95 / 0,95	0,025 / 0,115	36,9 / 6,9
Сумма разности максимальной и минимальной температуры воздуха (x) и высота стволика (y)	0,95 / 0,85	0,025 / 0,086	36,7 / 9,9
Сумма положительных среднедневных температур почвы (x) и высота стволика (y) на глубине:			
5 см	0,97 / 0,83	0,018 / 0,095	52,2 / 8,3
10 см	0,96 / 0,84	0,019 / 0,094	50,1 / 9,0

Примечание. Сумма положительных температур исчислялась сложением абсолютных значений температуры воздуха, превышающих 0° С, в каждом конкретном случае (7, 13, 17 ч).

рациональной системы удобрений сеянцев древесных пород необходимо иметь данные не только о запасах элементов корневого питания в почве, но и о потребности растений в азоте, фосфоре и калии по периодам роста.

Большое значение для биологического обоснования системы питания молодых древесных растений имеет изучение как количественного содержания, так и соотношения в тканях главнейших питательных элементов по фазам роста и развития сеянцев. Установление закономерностей корневого питания в процессе развития сеянцев отдельных пород в конкретной экологической обстановке позволяет не только глубже понять физиологическую роль каждого элемента, но и определить, когда растение наиболее требовательно к определенным элементам корневого питания и в какое время внесение удобрений может обеспечить наибольший эффект.

Биологическая потребность растений в элементах минерального питания на протяжении сезона вегетации не остается постоянной [20, 22, 23]. Поглощение питательных веществ растениями и ход их превращения зависят от многих причин: степени развития растения, интенсивности процесса дыхания, деятельности корней и листьев, а также от экологической обстановки [12]. На содержание азота, фосфора и калия в тканях растений влияет и уровень корневого питания.

Потребность растений в определенном количестве и сочетании питательных веществ детерминируется его природой и наследственностью. Каждый минеральный элемент выполняет в растении присущие ему функции, этим главным образом определяется их содержание в различных тканях и органах растения. Исследования, проведенные в сентябре — начале октября 1976 г., позволили установить, что в тканях сеянцев содержится больше всего азота, значительно меньше — калия и фосфора (табл. 5). Подобная зависимость сохраняется в течение всего вегетационного периода.

В прорастающих семенах и проростках отмечена наиболее высокая концентрация минеральных веществ. В этот период содержание азота в тканях растений достигает 6—6,5%, фосфора — до 1,7—2,6, калия — до 1,5—2,3% абсолютно сухой массы. В течение вегетационного периода содержание элементов минерального питания в органах растения не остается постоянным. Концентра-

5. Содержание элементов минерального питания (% абсолютно сухой массы)

Условия выращивания	Азот	Фосфор	Калий
Ель			
Сиверский лесхоз:			
теплица	2,46	0,33	0,82
открытый грунт	1,86	0,18	1,55
Сосна			
Лисинский лесхоз, открытый грунт	3,55	0,33	0,98

ция азота и фосфора в первую половину периода вегетации снижается в 2—3 раза, затем изменяется незначительно. Сеянцы поглощают азот в одном и том же соотношении с фосфором и калием. При этом сеянцы ели поглощают немного больше калия. В то же время у сеянцев сосны концентрация фосфора выше, чем у сеянцев ели. Подобная зависимость наиболее четко проявляется в первую половину периода вегетации. После прорастания семени накопление сухого органического вещества идет медленно. Исследования сеянцев ели в Сиверском лесхозе (1977 г.) показали, что при этом элементы минерального питания поглощаются в незначительных количествах (табл. 6). Проросток развивается, используя запасные вещества семени, поэтому по элементарному химическому составу семян и проростков, являющихся гетеротрофными системами, можно судить об оптимальном соотношении элементов питания, необходимых для растения [22]. С появлением основного ассимиляционного органа — хвои — по мере перехода к автотрофному способу питания потребление питательных веществ усиливается. Наибольшая скорость накопления азота, фосфора и калия наблюдается лишь с началом роста осевого побега сеянцев, одновременно с усилением аккумуляции сухой массы всеми органами растения, а наиболее ускоренное накопление элементов минерального питания происходит в хвое.

Изучение взаимосвязи морфологического состояния растений и особенностей их минерального питания, проведенное в питомнике открытого грунта Сиверского лесхоза, показало, что у сеянцев ели периоды наиболее интенсивного поглощения фосфора могут совпадать с временем появления корней последующего порядка.

По данным наблюдений, проведенных в 1977 г. в питомнике Лисинского лесхоза, содержание элементов минерального питания в однолетних сеянцах, выращенных в открытом грунте, положительно коррелирует с накоплением в них сухого органического вещества (табл. 7). Наиболее тесная связь отмечается в первую половину периода вегетации. В течение сезона между накоплением сухой массы однолетними сеянцами сосны и ели и потреблением

6. Поглощение элементов минерального питания сеянцами ели (в мг на растение)

Фенофаза	В теплице				В открытом грунте			
	Дата	Азот	Фосфор	Калий	Дата	Азот	Фосфор	Калий
I	1.V	0,19	0,044	0,06	1.VI	0,19	0,044	0,06
II	15.V	0,18	0,039	0,05	19.VI	0,18	0,033	0,04
III	20.V	0,18	0,039	0,06	23.VI	0,17	0,029	0,05
IV	28.V	0,20	0,043	0,09	29.VI	0,20	0,034	0,05
V	4.VI	0,22	0,044	0,12	6.VII	0,29	0,043	0,09
VI	15.VII	1,33	0,144	0,62	23.VII	0,27	0,039	0,13
VIIa	23.IX	10,36	1,331	4,93	17.IX	0,40	0,056	0,26
VIIб	13.X	9,43	1,170	4,60	29.X	0,58	0,067	0,28

ими азота и фосфора имеется прямая линейная связь (полином первого порядка). Зависимость содержания калия от массы особи может характеризоваться и нелинейной параболической связью (рис. 9).

Высокий коэффициент корреляции между накоплением сухой массы и усвоением основных биогенных элементов позволяет использовать эту зависимость для прикладных целей. На определенном этапе органогенеза по изменению массы сеянцев можно рассчитать их потребность в элементах минерального питания.

Для определения потребности растений в биогенных элементах чаще всего используется анализ динамики массы хвои. Диагностическое значение хвои у однолетних сеянцев очень высоко, так как она является органом, определяющим развитие растения. Между кумуляцией сухого вещества в хвое и накоплением сухой массы во всех органах сеянцев сосны и ели существует тесная связь. Коэффициенты корреляции во всех случаях больше 0,9. Именно поэтому для оценки корневого питания сеянцев целесообразно использовать именно массу хвои. Необходимо отметить, что связь между содержанием элементов минерального питания и сухой массой хвои менее тесная, что обусловлено периодическим мигрированием пластических веществ (особенно во вторую половину периода вегетации) на построение тканей корневой системы и древесины стволика. Эти различия невелики и не имеют прикладного значения.

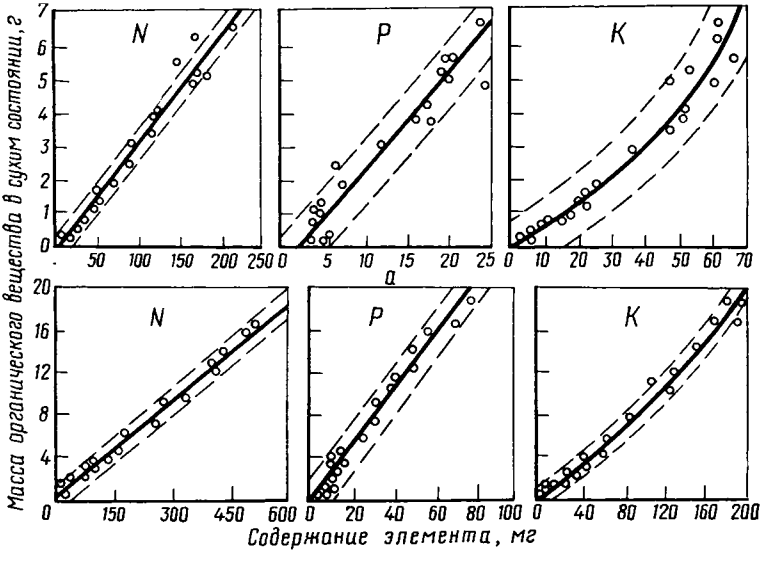


Рис. 9. Зависимость содержания N, P и K в однолетних сеянцах от накопления ими сухой массы (в пересчете на 100 шт. абсолютно сухих растений):

а — ель; *б* — сосна

7. Зависимость потребления элементов минерального питания от накопления сухого органического вещества

Порода	Элемент	Коэффициент корреляции	Уравнение регрессии	Основная ошибка уравнения регрессии
		Кумуляция элементов в тканях сеянцев		
Сосна	Азот	0,985±0,0064	$y_N=9{,}40+31{,}86x$	16,64
	Фосфор	0,958±0,0186	$y_P=6{,}02+10{,}78x$	6,00
	Калий	0,956±0,0186	$y_K=12{,}70x-0{,}14x^2+1{,}75$	3,90
Ель	Азот	0,996±0,0022	$y_N=0{,}82+30{,}18x$	10,95
	Фосфор	0,962±0,0150	$y_P=0{,}98+3{,}86x$	2,37
	Калий	0,998±0,0009	$y_K=16{,}95x-1{,}08x^2-0{,}15$	6,28
		Кумуляция элементов в хвое		
Сосна	Азот	0,990±0,0060	$y_N=1{,}45+36{,}61x$	15,58
	Фосфор	0,973±0,0130	$y_P=4{,}03x-0{,}95$	2,37
	Калий	0,982±0,0090	$y_K=3{,}58+11{,}87x$	7,88
Ель	Азот	0,955±0,0210	$y_N=34{,}72x+1{,}22$	8,97
	Фосфор	0,965±0,0170	$y_P=5{,}41x-0{,}89$	2,12
	Калий	0,903±0,0450	$y_K=1{,}60+12{,}81x$	2,92

Примечание. x — масса растения или органа, г; y — содержание элемента минерального питания, мг.

Условия минерального питания сеянцев в теплицах лучше, чем в открытом грунте. Это отражается и в химическом составе растений. Концентрация азота у сеянцев в теплице в конце вегетационного периода всегда выше, чем у сеянцев в открытом грунте, а концентрации фосфора и калия отличаются незначительно.

Изучение ритмичности поглощения элементов минерального питания показывает, что она подчиняется наиболее общим биологическим законам и в условиях, близких к оптимальным, в графическом выражении имеет S-образную кривую Сакса, характеризующуюся плавным началом процесса, интенсивным течением в середине и медленным плавным торможением в конце. Характер кривой может изменяться в определенных экологических условиях, тормозящих или ускоряющих процессы поглощения питательных веществ или процесс роста растения.

В ходе развития однолетних сеянцев можно выделить 4 периода по направленности биологических процессов, характеризующихся различной степенью потребности растения в почвенном питании: 1. От посева семян до начала формирования эпикотиля. Потребление элементов минерального питания из почвы полностью отсутствует. Прорастающие семена и всходы практически их не поглощают. Развитие растений происходит за счет запасных веществ эндосперма семени (гетеротрофное питание). 2. Незначительное потребление элементов минерального питания. Продолжа-

ется до середины периода линейного роста стволика сеянца в высоту или до начала интенсивного накопления сухого органического вещества сеянцами. 3. Интенсивное поглощение питательных веществ из почвы. Наступает после начала линейного роста стволика и продолжается до начала октября. Потребление элементов минерального питания может происходить достаточно неравномерно (что чаще всего наблюдается в открытом грунте), периоды усиленного поглощения могут сменяться спадами. 4. Прекращение поглощения элементов минерального питания. Наступает в октябре-ноябре.

Адаптация сеянцев ели к неблагоприятным условиям среды в конце периода вегетации. Линейный рост однолетних сеянцев ели заканчивается сравнительно поздно — в конце августа. В это время вполне возможны раннеосенние заморозки. В питомниках Сиверского лесхоза изучалась приспособляемость к снижениям температуры только одной древесной породы — ели. Это необходимо подчеркнуть, так как окончание периода вегетации у однолетних сеянцев ели и сосны происходит по-разному. При выращивании посадочного материала в теплицах ель никогда не дает вторичного прироста, а верхушечные почки сосны часто трогаются в рост. При выращивании посадочного материала в открытом грунте нередки случаи, когда и однолетние сеянцы ели дают вторичный прирост. Различия роста однолетних сеянцев сосны и ели в этот период отмечали и другие авторы [6].

Для оценки адаптации сеянцев были использованы такие показатели: морфологические изменения по визуальным и биометрическим наблюдениям; углеводный обмен; динамика содержания пигментов в хвое, pH клеточного сока и обводненности тканей, поступление калия и его концентрации в различных органах растения. В качестве морфологических и биометрических изменений отмечались прекращение роста сеянцев в высоту, степень сформированности верхушечной почки и расположение хвоинок. Эти показатели часто используются в практике. Так, считается, что растения, закончившие рост и сформировавшие верхушечную почку, более морозостойки, чем растущие в высоту.

При изучении углеводного обмена анализировались показатели содержания моносахаров, сахарозы и крахмала в хвое, так как известно, что обязательным условием закаливания однолетних и многолетних растений является накопление сахаров, источником которых может быть как гидролитическое расщепление крахмала и других полисахаридов, так и фотосинтез [3]. Морозоустойчивость однолетних сеянцев ели и сосны коррелирует с содержанием сахарозы в хвое [24].

Содержание хлорофилла в хвое сеянцев ели изменяется в больших пределах в течение вегетационного периода. При резком изменении экологических условий после снятия пленочного покрытия с теплицы содержание пигментов в хвое однолетних сеянцев ели и сосны падает [25]. Это объясняется, с одной стороны, началом более интенсивной лигнификации тканей хвои, что сильно

увеличивает массу ее сухого вещества, а, с другой стороны, снижением содержания пигментов под воздействием заморозков в осенний период.

Большое значение для процессов жизнедеятельности растений имеет величина активной кислотности клеток тканей (pH). Многие исследователи показывают корреляцию между концентрацией водородных ионов клеточного сока и устойчивостью растений к низким температурам. По данным С. Н. Дроздова [3], степень обводненности тканей обратно пропорциональна устойчивости растений к низким температурам, недостаточное количество калия сильно снижает морозостойкость растений.

Анализ показателей адаптации сеянцев к неблагоприятным условиям в конце периода вегетации позволил обосновать выбор оптимального срока снятия покрытия с теплицы. Однолетние сеянцы ели заканчивают рост в высоту во второй половине августа — начале сентября. У сеянцев в условиях открытого грунта рост прекращается в середине августа, т. е. несколько раньше, чем у сеянцев в теплице. Причина этого, вероятно, заключается в снижении температуры воздуха и почвы в холодные дни и в ночное время. Сеянцы в теплице в это время продолжают активно вегетировать, так как температура воздуха под пленкой не снижается так быстро и до таких пределов, как в открытом грунте. Установлено, что однолетние сеянцы очень чувствительны к изменению длины дня и при ее сокращении заканчивают рост и закладывают верхушечную почку. Таким образом, независимо от сроков снятия покрытия с теплицы рост однолетних сеянцев прекращается при длине светового дня около 14—15 ч.

Морфогенез верхушечной почки обусловливается экологическими условиями среды. У растений в открытом грунте некоторое ускорение формирования верхушечной почки отмечается после окончания периода роста сеянцев в высоту, т. е. с середины августа, но почка формируется медленно и не достигает больших размеров. В теплице, покрытие которой не снимают до октября, создается ровный без резких снижений температуры микроклимат с несколько повышенными по сравнению с окружающей средой влажностью и температурой воздуха. В этих условиях верхушечная почка формируется быстро, достигает значительных размеров и приобретает темно-коричневую окраску. Пучок хвоинок на верхушке сеянца расходится, хвоя имеет темно-зеленый цвет и становится плотной, что свидетельствует о ее вызревании. Морфогенез однолетних сеянцев ели в конце периода вегетации протекает наиболее успешно в теплице с неснятым покрытием.

При снятии покрытия с теплицы во второй половине августа — начале сентября сеянцы испытывают состояние шока, которое вызывается тем, что растения не прошли начальную стадию закаливания или торможения ростовых процессов. Сеянцы в открытом грунте к этому времени прекратили рост, у них под воздействием колебаний температуры воздуха и общего снижения температуры среды начинает формироваться верхушечная почка и они, таким

образом, подготавливаются к зиме. Сеянцы в теплице в это время активно вегетируют и оказываются неподготовленными к тем колебаниям температуры, которые были в открытом грунте. Поэтому после снятия покрытия у них резко замедляется темп морфогенеза. Молодая хвоя на верхушке стволика располагается пучком, который длительное время не расходится. Она теряет тургор и светлеет. Почка остается сравнительно недифференцированной. Сеянцы плохо переносят снятие покрытия в этот период, несмотря на выполнение основных требований агротехники их выращивания.

В результате резкого замедления процесса образования верхушечной почки сеянцы повреждаются заморозками. Так, в 1976 г. в Ленинградской области осень была необычно холодной, покрытие с одной теплицы было снято 2 сентября, а со второй — в октябре. В первой теплице снижение температуры вызвало повреждения верхушечной почки у 25% сеянцев, а во второй повреждений не было. В этом же году в условиях открытого грунта от заморозков пострадало 8% однолетних сеянцев. Осень 1977 г. отличалась более теплой погодой. В открытой 15 августа теплице повреждено заморозками 3% сеянцев, а в открытой 5 октября повреждений не было. В питомнике открытого грунта в этом году повреждений сеянцев заморозками не отмечалось. Эти данные свидетельствуют о том, что сеянцы в теплице с неснятым покрытием за счет успешного формирования верхушечной почки приобретают значительную степень устойчивости к пониженным температурам.

У сеянцев ели в питомнике открытого грунта в августе не только останавливается линейный рост стволика, но и идет накопление сахарозы в хвое (рис. 10). Если покрытие снимают в середине августа, то динамика сахарозы в хвое сеянцев аналогична той, которая наблюдается у сеянцев в питомнике открытого грунта. При более поздних сроках снятия покрытия содержание сахарозы в хвое сеянцев увеличивается значительно позднее, чем у растений в открытом грунте. Это происходит сразу же после открытия теплицы, или в конце сентября, даже в теплице с неснятым покрытием. Последнее по всей вероятности является следствием постепенно снижающейся температуры и укорачивающегося дня. Содержание растворимых сахаров повышается не только за счет фотосинтеза, но и за счет гидролитического расщепления крахмала. В хвое сеянцев, выращенных в теплице, содержание крахмала колеблется настолько значительно, что выявить закономерности этих колебаний невозможно.

Повышение содержания сахарозы в хвое сеянцев ели, происходящее после снятия покрытия с теплицы, указывает на то, что углеводный обмен сеянцев во многом зависит от экологических условий (в основном от снижения температуры воздуха). Содержание сахарозы значительно колеблется в очень короткое время. При открытии теплицы в августе — начале сентября, несмотря на быструю перестройку углеводного обмена, сеянцы не приобретают достаточной устойчивости к заморозкам, что обусловливается сла-

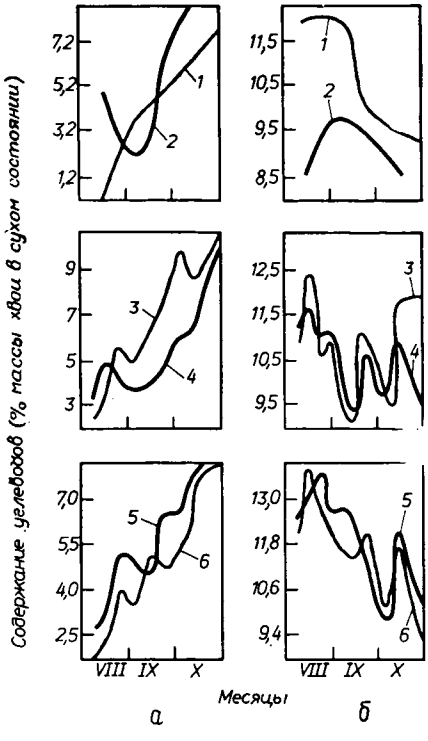


Рис. 10. Углеводный метаболизм сеянцев ели в конце периода вегетации:

а — сахароза; *б* — крахмал; *1* — в открытом грунте, 1976 г.; *2* — в теплице, 1976 г.; *3* — в теплице, покрытие снято 17.VIII. 1977 г.; *4* — то же, 5.X.1977 г.; *5* — в открытом грунте, 1977 г., однолетние сеянцы; *6* — то же, двухлетние

бым развитием защитных тканей верхушечной почки, ее недифференцированностью. При снятии покрытия во второй половине сентября — начале октября дифференциация почки и одревеснение стволика происходят под покрытием. Содержание растворимых сахаров возрастает и после снятия покрытия с теплицы без повреждения растений. В результате сеянцы приобретают достаточную устойчивость к заморозкам.

Обводненность органов снижается в конце вегетационного периода. После снятия покрытия содержание сухого вещества в органах увеличивается (рис. 11). Это происходит вследствие потери свободной влаги растениями и начала более интенсивного процесса одревеснения тканей.

В хвое сеянцев открытого грунта в осенний период содержание хлорофилла постоянно снижается. Это, по всей вероятности, связано с колебаниями температуры воздуха и почвы в холодные дни и ночное время, которые отрицательно действуют на молодую формирующуюся хвою. У сеянцев в теплице до середины сентября продолжают накапливаться пигменты в хвое, так как под пленкой они в августе еще активно вегетируют. Через некоторое время после снятия пленки с теплицы в результате ускорения процесса лигнификации хвои и разрушения хлорофилла его содержание начинает падать. Ниже приведена динамика содержания хлорофилла (а + в) в хвое сеянцев ели в осенний период 1976 г. (в условных единицах):

дата	30.VIII	11.IX	2.X	8.X	16.X
в теплице	101±5	120±5	100±4	61±2	60±2
в открытом грунте	54±2	48±2	32±1	31±1	29±1

Влияние экологических факторов осенью в первую очередь проявлялось на молодой хвое, расположенной на верхушке стволика. В 1976 г. она меняла цвет под влиянием заморозков: у сеянцев в открытом грунте от зеленого до желто-коричневого, а у се-

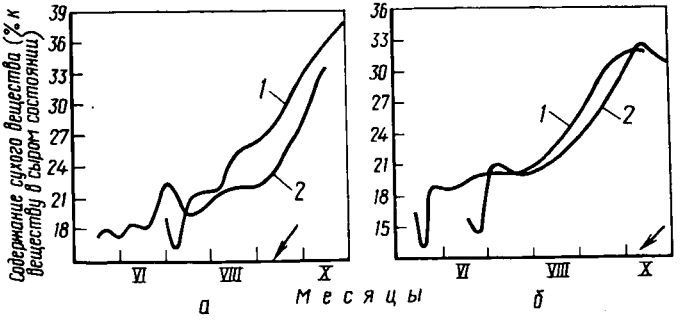
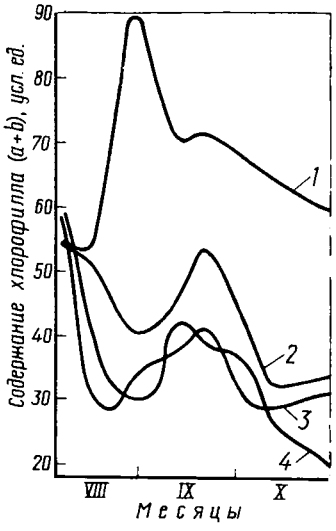


Рис. 11. Содержание сухого вещества в однолетних сеянцах ели:
а — данные 1976 г.; *б* — данные 1977 г.; *1* — в теплице; *2* — в открытом грунте; стрелкой показан срок снятия покрытия с теплицы

янцев в теплице становилась блеклой и теряла тургор. В первой половине августа 1977 г. содержание пигментов в молодой хвое сеянцев в открытом грунте заметно снизилось (рис. 12). У сеянцев, выращенных в теплицах, снижение содержания пигментов в верхних хвоинках оказалось недостоверным. После снятия покрытия 17 августа в верхушечной хвое содержание хлорофилла снизилось, а в теплице с неснятым покрытием оно повышалось до начала сентября. Затем произошло уменьшение содержания хлорофилла, причем его концентрация в хвое сеянцев в теплице с неснятым покрытием даже после падения все равно оставалась наибольшей. Это свидетельствует о том, что при позднем снятии пленки с теплицы хвоя вызревает лучше, успешнее противостоит неблагоприятному влиянию погодных условий.

Динамика содержания пигментов в молодой хвое в питомнике открытого грунта в раннеосенний период не зависит от возраста сеянцев. Содержание хлорофилла повышается как у однолетних, так и у двухлетних растений в сентябре, а затем оно падает. Такая же динамика содержания пигментов в хвое отмечается у сеянцев, выращенных в теплице, если покрытие с нее снимают в середине августа. Концентрация пигментов в хвое у сеянцев в теплице выше, чем у сеянцев в открытом грунте, что особенно заметно в случае длительного нахождения растений в теплице в осенний период. В конце октября в хвое однолетних сеянцев ели в открытом грунте происходит резкое снижение содержания пигментов, которого не наблюдается в однолетней хвое двухлетних сеянцев. Это снижение приводит к значительным различиям в концентрациях хлорофилла в одновозрастной хвое сеянцев разного возраста. Изучение реакции клеточного сока хвои показало, что в течение осеннего периода наблюдается смещение pH в щелочную сторону (рис. 13). Оно является следствием изменения метаболизма под воздействием температур, при которых происходит закаливание растений [3]. Иногда наблюдается и увеличение кислотности, что, по всей вероятности, связано с ослаблением воздейст-



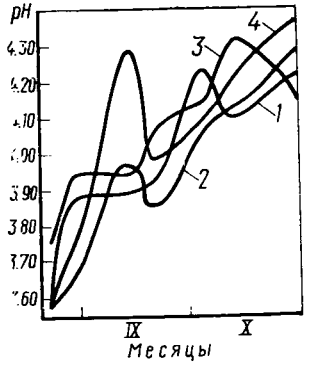


Рис. 13. Изменение pH клеточного сока хвои сеянцев ели в осенний период 1977 г. (обозначения те же, что и на рис. 12)

Рис. 12. Динамика содержания хлорофилла (а+в) в ассимиляционном аппарате сеянцев ели в осенний период 1977 г. (в условных единицах):

1 — в теплице покрытие снято 5.X; *2* — то же, 17.VIII; *3* — в открытом грунте, двухлетние сеянцы; *4* — то же, однолетние

вия неблагоприятных факторов среды и частичной потерей морозоустойчивости растениями. При снижении pH интенсивность процессов фосфориллирования, которые особенно активно идут под воздействием закаливающих температур, несколько снижается. Снижение pH клеточного сока хвои сеянцев наблюдается после снятия покрытия с теплицы 5 октября. У остальных сеянцев в этот период повышается pH. Это единственный из рассмотренных в результате исследования адаптации факторов, который может указывать на то, что позднее снятие покрытия с теплицы несколько ослабляет устойчивость сеянцев или снижает интенсивность процессов закаливания. Однако оно не приводит к повреждениям сеянцев. Развитие защитных тканей и углеводный обмен обеспечивают достаточную степень их морозоустойчивости.

Калийное питание сеянцев в осенний период является одним из факторов, обеспечивающих устойчивость растений к морозу. Сильные морозы в осенний период 1976 г. вызвали резкое падение концентрации калия в органах однолетних сеянцев ели, которое сопровождалось даже его выделением из растений. Оно было особенно выраженным у сеянцев ели при снятом покрытии с теплицы. В 1977 г. такого резкого падения концентрации калия в органах сеянцев не наблюдалось, отсутствовало и его выделение из растений.

Таким образом, падение концентрации калия в органах сеянцев ели является одной из причин пониженной устойчивости растений к заморозкам. Подкормки калийными удобрениями осенью

эффективны для развития морозоустойчивости посадочного материала ели. Сеянцы ели лучше всего адаптируются к условиям внешней среды при поздних сроках снятия пленки с теплицы. В этом случае они заканчивают линейный рост и закладывают верхушечную почку под покрытием.

Ритмы роста двухлетних сеянцев сосны и ели. Данные по исследованию ритмических явлений роста и накопления сухой массы двух- и трехлетними сеянцами и саженцами хвойных пород носят фрагментарный характер. По мнению Х. Лир и др. [12], сосна и ель принадлежат к породам, у которых рост обусловлен эндогенными факторами. Рост стебля у них имеет так называемый летний покой, в течение которого еще продолжается рост корней и прирост по диаметру. При хороших условиях прирост в высоту в том же году может возобновиться без формирования верхушечной почки.

Наблюдения показывают, что у двухлетних сеянцев сосны обыкновенной собственно верхушечного роста (за счет меристемы конуса нарастания) может не быть. В этом случае рост стволика идет за счет растяжения верхней и средней частей побега первого года под почкой и собственно линейного роста почки. Ранней весной заметно увеличение расстояния между хвоинками прошлого года и изменение окраски верхней части эпикотиля с бронзовой на зеленую. Сезонный рост стволика сеянцев в высоту в открытом грунте в условиях Ленинградской обл. продолжается около 45 дней, а в условиях Марийской АССР около 36 дней (табл. 8). Рост заканчивается в конце июня. При этом формируются верхушечная почка, покрытая рыжими пленчатыми чешуями, и группа пазушных почек, расположенных мутовчато, чуть ниже верхушечной. Боковые почки в нижней части стволика — зачаточные ауксибласты — во второй вегетационный период остаются спящими, но растут. Рост парной хвои в условиях Ленинградской обл. начинается в первую декаду июня. Парная хвоя, в сечении близкая к полукругу, образуется за счет внепочечного развития зачаточных почек брахибластов и растет до конца лета, достигая длины 6—8 см. В течение сезона вегетации формируются и нередко распускаются боковые почки текущего года. В корневой системе наряду с ростом стержневого корня и старых боковых корней в длину образуются и растут новые боковые окончания. Обычно развивается вильчатая микориза. Длина главного корня к концу вегетации достигает 35—40 см. Средний диаметр стволика у корневой шейки 2—2,4 мм, высота сеянцев 8—9 см.

У сеянцев ели весной второго года жизни верхушечная и боковые почки трогаются в рост. Через 7—10 дней начинает расти стволик. Побег второго года по морфологическим особенностям практически не отличается от сформированного в первый год. Рост стволика продолжается около 60 дней и заканчивается в конце июля.

К концу сезона формируется верхушечная почка и 2—3 боковые, обычно расположенные в верхней части годичного побега,

8. Календарные сроки прохождения фаз морфогенеза у двухлетних сеянцев

Фаза морфогенеза	Закрытый грунт	Открытый грунт	
	ель	ель	сосна
Распускание почек	22.IV	29.V	22.IV
Распускание боковых почек, заложенных в прошлом году	14.V	29.V	14.V
Образование и трогание в рост вновь образовавшихся почек	11.VI	18.VI	—
Формирование боковых почек	4.VIII	30.VII	4.VII
Формирование верхушечной почки	10.VIII	10.VIII	26.VII

ближе к верхушечной. Иногда боковые почки трогаются в рост в год их формирования. В корневой системе кроме прироста стержневого корня происходит рост и образование корневых окончаний последующих порядков. Иногда главный корень отмирает и его место занимает боковой корень 1-го порядка.

Линейный рост стволиков сосны и ели начинается во второй декаде мая в условиях Ленинградской обл. и в конце апреля — начале мая в условиях Марийской АССР при температуре воздуха выше +5° С. Ход линейного роста сеянцев сосны характеризуется одновершинной кривой. Максимальный прирост стволика приходится на третью декаду мая — первую декаду июня в Ленинградской обл. и на первую-вторую декады июня в Марийской АССР. Одновременно с линейным ростом терминального побега происходит и его утолщение. У сеянцев ели в линейном росте стволика отмечено 3 периода усиленного прироста: первая и третья декады июня и вторая декада июля (в условиях Ленинградской обл.) и первая декада мая, вторые декады июня и июля (в условиях Марийской АССР). В течение всего вегетационного периода происходит и рост стволика по диаметру, но наибольшая его скорость отмечается во вторую половину. Для развития двухлетних сеянцев сосны и ели характерно, что в первую половину периода вегетации наряду с интенсивным линейным и радиальным приростом стволика наблюдается и усиленный рост главного корня в длину и по диаметру (табл. 9—11). Таким образом, весной в сеянцах сосны и ели наиболее активно происходят ростовые и формообразовательные процессы. В мае-июне формируются основные показатели качества (стандартности) сеянцев — высота стволика и диаметр у корневой шейки.

В конце мая у сеянцев сосны и ели второго года жизни начинается рост хвои — основного ассимиляционного органа растения. У сосны интенсивный прирост хвои в длину начинается после полной остановки линейного роста стволика, у ели — в течение периода роста. Представление об аккумуляционной способности хвои дают масса и площадь поверхности. Эти показатели позволяют рассчитать ряд характеристик биологической продуктивности [11]. Например, величина нетто-ассимиляции характеризует скорость

9. Динамика роста в высоту осевого побега двухлетних сеянцев, мм, Лисинский лесхоз

Сосна		Ель		Сосна		Ель	
Дата отбора образцов	Высота	Дата отбора образцов	Высота	Дата отбора образцов	Высота	Дата отбора образцов	Высота
5.V	20,8±0,3	20.V	13,1±0,4	31.V	34,8±0,8	20.VII	41,2±1,3
10,V	21,4±0,5	30.V	17,6±0,5	3.VI	37,3±0,9	30.VII	43,8±1,4
15.V	23,2±0,5	10.VI	25,9±0,7	10.VI	44,7±1,0	10.VIII	43,8±1,4
20.V	26,1±0,6	20.VI	28,2±1,1	13.VI	46,4±1,1	—	—
24.V	28,8±0,7	30.VI	33,8±0,9	16.VI	46,5±1,3	—	—
28.V	31,9±0,7	10.VII	34,7±1,1				

10. Динамика роста двухлетних сеянцев по диаметру, мм, Лисинский лесхоз

Дата отбора образцов	Ель	Сосна	Дата отбора образцов	Ель	Сосна
Гипокотильная часть стволика					
20.V	0,64±0,02	1,33±0,05	30.VII	1,22±0,03	2,02±0,05
30.V	0,73±0,08	1,48±0,03	10.VIII	1,25±0,03	2,05±0,03
10.VI	0,76±0,02	1,54±0,04	20.VIII	1,42±0,03	2,18±0,05
20.VI	0,97±0,04	1,92±0,06	30.VIII	1,42±0,03	2,34±0,05
30.VI	1,02±0,03	1,92±0,05	10.IX	1,42±0,03	2,37±0,04
10.VII	1,18±0,03	2,05±0,04	20.IX	1,42±0,03	2,40±0,05
20.VII	1,21±0,02	2,05±0,05			
Эпикотильная часть стволика					
20.V	0,97±0,02	1,97±0,05	20.VIII	1,47±0,04	2,44±0,06
20.VI	1,07±0,03	2,25±0,06	20.IX	1,58±0,04	2,53±0,06
20.VII	1,16±0,03	2,44±0,04			

11. Динамика прироста главного корня двухлетних сеянцев Лисинский лесхоз

Дата отбора образцов	Длина, см		Диаметр, см	
	Сосна	Ель	Сосна	Ель
20.V	26,2±0,5	15,0±0,4	0,49±0,01	0,33±0,02
20.VI	31,3±0,7	17,4±0,6	0,83±0,02	0,59±0,03
20.VII	34,0±0,4	18,4±0,7	0,87±0,02	0,65±0,03
20.VIII	34,5±0,6	20,8±0,6	0,95±0,03	0,73±0,03
20.IX	35,2±0,5	22,0±0,6	0,97±0,04	0,77±0,03

накопления органического вещества в растительных тканях на единицу площади хвои за вычетом того органического вещества, которое использовалось растением при дыхании за изучаемый период. Она дает представление о фактической продуктивности видов за период вегетации и рассчитывается по формуле $(W_2 - W_1)2/(A_1+A_2)(t_2-t_1)$, где A_1 и A_2 — площади хвои в моменты t_1 и t_2; W_1 и W_2 — масса растения в моменты t_1 и t_2. Площадь хвои сосны определяли по формуле $AR=(n+2)l$, принимая поперечный разрез хвоинки за полукруг с радиусом R. Площадь хвои ели вычисляли по формуле [2]: $A=2l\sqrt{a^2+b^2}$, где A — площадь; l — длина; a — ширина; b — толщина хвои.

На сезонный ход нетто-ассимиляции оказывают влияние не только экологические условия, но и видовые особенности растения. С увеличением прироста фитомассы величина нетто-ассимиляции возрастает, а с уменьшением — снижается. Наиболее высокая величина нетто-ассимиляции у сеянцев сосны и ели наблюдается весной, снижаясь осенью до минимума.

Производительность работы листового аппарата может характеризоваться и формулой $П=A_{ср}/W_{ср}$, где $A_{ср}$ — средняя величина поверхности хвои за определенный период; $W_{ср}$ — средняя масса особи за тот же период.

Чем ниже полученная в результате расчета величина, тем производительнее работает растение по аккумуляции фитомассы. Наиболее высокая продуктивность работы новообразующейся хвои у сеянцев сосны отмечена в первую половину периода вегетации. По мере увеличения площади поверхности парной хвои производительность ее снижается. У ели весной резко увеличивается площадь поверхности ассимиляционного аппарата особи за счет линейного роста хвои. Однако темпы накопления фитомассы сеянцами в этот период невысокие. Несоответствие развития фотосинтезирующей поверхности кумуляции сухого органического вещества обусловливает низкую продуктивность хвои в начале лета. Производительность работы ассимиляционного аппарата ели значительно повышается в конце сезона вегетации. У сеянцев сосны ассимилирующая поверхность увеличивается быстрее массы хвои, у ели зависимость обратная.

Приведенные показатели интенсивности работы ассимиляционного аппарата дают представление о продуктивности особи главным образом на основании фотосинтезирующей деятельности хвои. В первую половину периода вегетации двухлетние сеянцы сосны отличаются высокой продуктивностью хвои. К концу сезона роста биологическая производительность сеянцев снижается вследствие более быстрого увеличения площади поверхности хвои по сравнению с накоплением сухой массы. Низкая продуктивность двухлетних сеянцев ели в мае-июне обусловлена увеличением площади поверхности ассимиляционного аппарата на фоне низких приростов биомассы. Накопление сухого вещества всеми органами сеянца ели в течение сезона вегетации идет быстрее увеличения площади поверхности хвои — производительность ее работы повышается.

Сезонную динамику биологической продуктивности растений необходимо учитывать при проведении агротехнических приемов, направленных на активизацию роста сеянцев, и, в первую очередь, при установлении видов минеральных подкормок. Необходимо вносить такой комплекс минеральных элементов, чтобы их влияние не нарушило соотношение между ростом хвои и накоплением сухой массы. Так, наибольший эффект линейного роста сеянцев наблюдается при внесении в почву азота. Однако внесение больших доз азотных удобрений при низком уровне фосфорно-калийного питания может вызвать значительное увеличение размеров хвои на фоне низких темпов образования пластических веществ. Несоответствие процессов роста кумуляции сухой массы снижает биологическую продуктивность растения.

В течение вегетационного периода у двухлетних сеянцев сосны и ели интенсивно развивается корневая система. Корни растения не только углубляются в почву, но и осваивают жизненное пространство в пахотном горизонте. При этом увеличивается число и длина боковых корней разных порядков. Количество боковых окончаний и коэффициент ветвления корня, полученный в результате деления длины корней на число корневых окончаний, дают представление об интенсивности использования данного объема почвы. Коэффициент ветвления корня, кроме того, характеризует степень его ветвистости, являясь цифровым показателем мочковатости корневых систем. По нашим данным, мочковатость корней сеянцев сосны и ели значительно увеличивается в весенний период, когда наиболее интенсивно идет рост старых боковых окончаний в длину, а репродукционная деятельность корневой системы проявляется незначительно. По данным исследований корневой системы сенянцев, были вычислены следующие коэффициенты:

дата	20.V	20.VI	20.VII	20.VIII	20.IX
сосна	1,73	4,15	3,71	4,16	3,77
ель	2,90	3.14	4,17	4,05	3,94

Весной у сеянцев сосны и ели наблюдается интенсивный прирост в длину корней 1-го порядка. Активный линейный рост боковых окончаний высших порядков происходит во второй половине периода вегетации. У сеянцев ели интенсивное новообразование боковых корней, в том числе и корневых окончаний 1-го порядка, начинается в августе, достигая максимума в сентябре. У двухлетних сеянцев сосны новые боковые корни 1-го порядка образуются в незначительном количестве — не более 10% общего их числа. Основная масса корневых окончаний 2-го порядка появляется в июне-июле, в то время как мелкие корни высших порядков образуются в августе-сентябре. В корневой системе двухлетних сеянцев наиболее интенсивно идет образование боковых корней 3-го и 4-го порядка. Их доля в общей массе корней за сезон повышается в 3—6 раз (табл. 12).

В течение периода вегетации прирост главного корня и боковых корней 1-го порядка у сеянцев сосны и ели невелик: доля их

12. Соотношение числа корней различных порядков в корневой системе двухлетних сеянцев, %

Дата отбора образцов	Сосна				Ель		
	Боковые корни порядка						
	1-го	2-го	3-го	4-го	1-го	2-го	3-го
20.V	26,6	55,3	12,5	5,6	32,8	56,3	10,9
20.VI	16,4	50,6	23,9	9,1	31,8	56,3	11,9
20.VII	12,3	47,1	26,7	13,9	36,4	61,7	11,9
20.VIII	7,6	31,8	31,8	28,8	19,6	69,3	11,1
20.IX	5,0	20,8	35,4	38,8	12,7	69,4	17,9

в общей длине корневой системы снижается (табл. 13) (интенсивно образуются и растут корневые окончания высших порядков. В структуре корневой системы сформировавшихся двухлетних сеянцев большая доля по длине и числу корней приходится именно на боковые окончания 2-, 3- и 4-го порядка.

Исследования показывают, что в течение вегетационного периода увеличение суммарной длины корней 1-го и 2-го порядка идет как за счет прироста новых корней, так и за счет линейного роста старых. При этом возрастает не только число корневых окончаний, но и длина среднего корня (табл. 14). В то же время суммарная длина корней высших порядков увеличивается главным образом благодаря образованию большого числа сосущих окончаний.

Прирост по диаметру боковых корней сеянцев ели в основном заканчивается в июле. У сеянцев сосны корни 1- и 2-го порядка имеют два периода радиального прироста — июнь и август. Утолщение корневых окончаний высших порядков происходит одновременно с их ростом в июле-августе (рис. 14).

Периодические изменения длины и диаметра боковых корней различных порядков в течение периода вегетации позволили изучить динамику площади их поверхности (табл. 15). Поверхность корней определяли расчетным методом, который дает наиболее

13. Соотношение числа корней различных порядков в общей длине корневой системы двухлетних сеянцев, %

Дата отбора образцов	Сосна					Ель			
	Главный корень	Боковые корни порядка				Главный корень	Боковые корни порядка		
		1-го	2-го	3-го	4-го		1-го	2-го	3-го
20.V	17,0	46,1	30,8	4,2	1,8	24,9	48,6	23,0	3,5
20.VI	10,0	44,0	35,6	7,6	2,8	24,0	47,2	24,7	4,1
20.VII	8,6	45,2	34,1	8,5	3,6	17,3	49,8	28,1	4,8
20.VIII	6,7	36,1	35,4	12,8	9,0	12,6	47,7	35,3	4,4
20.IX	4.0	21,6	38,4	20,6	15,4	8,7	34,3	50,6	6,4

14. Развитие корневой системы двухлетних сеянцев

Показатели	Сосна				Ель		
	Боковые корни порядка						
	1-го	2-го	3-го	4-го	1-го	2-го	3-го
Общее число корней, шт.	103,3 / 113,1	214,9 / 468,2	48,4 / 796,0	22,0 / 870,5	52,2 / 73,8	87,8 / 404,3	17,0 / 104,7
Число корней на 1 см длины корня предыдущего порядка, шт.	3,9 / 3,2	3,0 / 2,5	1,0 / 2,4	3,4 / 4,8	4,3 / 3,4	3,0 / 4,7	1,2 / 0,8
Общая длина корней, см	70,6 / 191,1	47,3 / 338,8	6,4 / 181,7	2,8 / 136,1	29,2 / 86,3	13,8 / 127,4	2,2 / 16,2
Средня длина корня, мм	6,9 / 16,9	2,2 / 7,2	1,3 / 2,3	1,3 / 1,6	5,7 / 11,7	1,6 / 3,2	1,4 / 1,6

Примечание. В числителе — данные на 20.V, в знаменателе — на 20.IX.

точные результаты при изучении сеянцев хвойных пород. Площадь поверхности корней определяли по формуле цилиндра: $П = 2\pi Rl$, где $П$ — поверхность корней очередного порядка, мм^2; R — радиус корней посередине их длины, мм; l — длина корней очередного порядка, мм.

Наибольший интерес представляет сезонная динамика поверхности корневых окончаний 2- и 3-го порядка у ели и 3- и 4-го у сосны, которые в основном и выполняют всасывающую функцию. Опробковевшая поверхность старых корней 1-го и 2-го порядка не имеет решающего значения в поглощении воды и питательных веществ. Площадь поверхности сосущих окончаний у двухлетних сеянцев сосны и ели невелика и в конце вегетационного периода

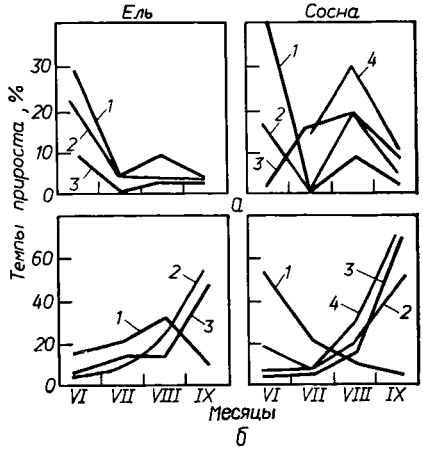


Рис. 14. Темпы прироста боковых окончаний корней двухлетних сеянцев (% общего прироста в конце периода вегетации):

а — диаметра; *б* — площади поверхности; *1, 2, 3, 4* — корней, соответственно 1-го, 2-го, 3-го и 4-го порядков

15. Площадь поверхности корней двухлетних сеянцев, мм²

Дата отбора образцов	Сосна					
	Главный корень	Боковые корни порядка				Общая поверхность
		1-го	2-го	3-го	4-го	
20.V	407,0	536,8	323,8	37,9	12,9	1318,4
20.VI	812,4	2035,4	947,9	144,7	44,1	3984,1
20.VII	930,0	2635,4	1158,6	259,4	89,6	5073,0
20.VIII	1028,3	2974,1	1939,2	638,0	445,3	7024,9
20.IX	1071,5	3120,4	3723,4	1894,6	1458,9	11268,8

Продолжение

Дата отбора образцов	Ель				
	Главный корень	Боковые корни порядка			Общая поверхность
		1-го	2-го	3-го	
20.V	155,0	205,3	86,6	13,2	460,1
20.VI	323,1	350,5	145,6	20,3	839,5
20.VII	375,6	559,0	253,4	35,6	1223,6
20.VIII	477,2	915,0	513,3	53,1	1958,6
20.IX	531,6	1030,0	1143,8	121,8	2827,2

составляет соответственно 30 и 45% общей поверхности корневой системы. Поэтому большое значение в жизнедеятельности растений и в первую очередь сосны играет микориза, обеспечивающая дополнительную поглощающую поверхность за счет гиф гриба-микоризообразователя.

В течение вегетационного периода увеличение площади поверхности корней 1-го порядка у ели и 1-го и 2-го у сосны определяется главным образом линейным приростом старых корней, в то время как поверхность корневых окончаний высших порядков возрастает за счет интенсивного новообразования мелких корней.

Интересным показателем оценки степени развития корневой системы относительно надземной части растения служит коэффициент водного обслуживания, который определяется как отношение поглощающей поверхности к испаряющей [13]. В течение сезона вегетации он не остается неизменным, что видно из приведенных ниже данных:

дата	20.V	20.VI	20.VII	20.VIII	20.IX
ель	0,93/0,20	0,48/0,10	0,56/0,13	0,75/0,22	0,97/0,44
сосна	0,52/0,02	0,91/0,04	0,64/0,04	0,63/0,10	0,74/0,22

Примечание. В числителе — относительно общей поверхности корней, в знаменателе — для ели относительно корней 2-го и 3-го порядка, для сосны — корней 3-го и 4-го порядка.

Изменение коэффициента обусловлено биологией развития породы и связано с периодами наиболее интенсивного роста хвои и корней. У сеянцев сосны в мае-июле, а у сеянцев ели — в июне-

июле на единицу поверхности хвои приходится наименьшая площадь всасывающей поверхности. Эти периоды роста растений с определенной долей условности можно назвать критическими периодами относительно водного обеспечения сеянцев, когда водный баланс растений неустойчив.

Кумуляция сухой массы наряду с ростом — важнейшая характеристика жизнедеятельности растения, позволяющая выделить наиболее напряженные периоды в их развитии. В течение второго года жизни в питомнике открытого грунта их масса увеличивается в 5—6 раз. Причем наиболее интенсивное накопление сухого органического вещества идет в хвое текущего года и в корнях (табл. 16). Увеличение массы хвои происходит не только за счет новообразования и ее роста, но и за счет постоянного увеличения массы одной хвоинки (рис. 15). Кумуляция пластических веществ в ювенильной хвое (хвое прошлого года) не происходит: ее масса в течение сезона вегетации у сосны несколько снижается, а у ели остается примерно на том же уровне. Доля массы старой хвои в общей массе сеянцев снижается. В процессе органогенеза у сеянцев сосны ведущее положение по накоплению сухого вещества занимает хвоя — вначале ювенильная, а затем по мере развития — парная. Доля корней увеличивается незначительно и обычно не превышает 30—32%. У ели с июля накопление фитомассы в корнях превышает синтез пластических веществ в хвое — доля корней в общей массе растения возрастает (рис. 16).

Развитие двухлетних сеянцев сосны прежде всего определяется формированием ассимиляционного аппарата. У ели ведущее положение в массе растения занимают корни. В течение сезона вегетации развитие растений происходит неравномерно и отношение массы надземной части к массе корней не остается постоян-

16. Накопление сухой массы двухлетними сеянцами, г (в пересчете на 100 шт. абсолютно сухих растений)

Дата отбора образцов	Сосна						Ель					
	Ювенильная хвоя	Парная хвоя	Осевой побег	Гипокотиль	Корни	Растение	Ювенильная хвоя	Хвоя текущего побега	Осевой побег	Гипокотиль	Корни	Растение
20.V	13,80	—	2,60	1,70	5,60	23,70	2,50	—	—	0,72	1,60	4,82
30.V	13,90	—	3,22	2,22	8,00	27,34	2,48	0,49	0,27	0,73	2,25	6,22
10.VI	14,50	1,63	4,53	2,37	8,70	31,73	2,45	1,44	0,43	0,75	2,39	7.46
20.VI	14,33	3,67	5,46	2,83	9,75	36,04	2,55	2,51	9,69	0,75	2,47	8,97
30.VI	14,16	7,64	5,77	2,99	13,57	44,13	2,51	4,24	0,81	0,84	2,81	11,21
10.VII	13,22	16,28	6,07	3,11	14,78	53,46	2,99	4,97	0,84	1,04	5,13	14,97
20.VII	11,76	20,27	6,24	3,32	15,63	57,22	3,00	5,64	1,36	1,14	6,14	17,55
30.VII	10,82	24,28	6,24	3,62	18,02	62,98	2,85	6,11	1,64	1,29	7,00	18,89
10.VIII	10,86	28,05	6,24	3,73	20,47	69,40	2,82	6,63	2,26	1,60	7,40	20,70
20.VIII	10,84	39,11	8,83	4,56	24,00	87,24	2,89	7,25	2,38	1,64	8,63	22,79
30.VIII	10,97	40,88	11,18	5,68	32,00	100,71	2,71	8,08	3,04	2,00	11,93	27,76
10.IX	10,83	41,78	11,62	6,36	34,52	105,21	2,64	9,46	3,36	2,09	12,50	30,05
20.IX	11,06	42,75	11,63	6,38	35,40	107,22	2,73	9,68	3,40	2,18	13,18	31,17

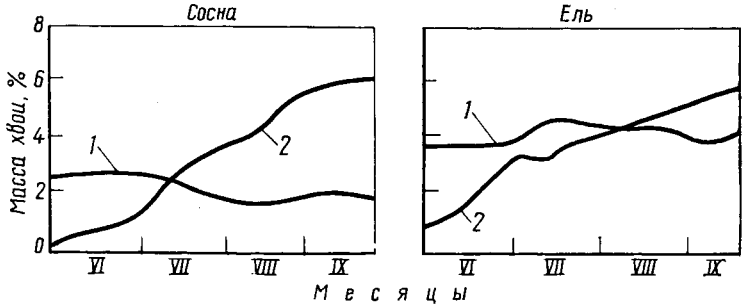


Рис. 15. Динамика сухой массы хвои — двухлетних сеянцев: *1* **— прошлого года,** *2* **— текущего года**

ным. Нагрузка корневой системы постепенно снижается. В сентябре на единицу массы корней сосны и ели приходится соответственно 2,0 и 1,4 единицы массы стволиков и хвои, тогда как оптимальное соотношение составляет 3,0 для сосны и 2,6 для ели [16].

Таким образом, при выращивании сеянцев на бедных питательными веществами почвах без применения минеральных подкормок относительное развитие надземной части растений не соответствует оптимальному развитию корневой системы. В этом случае необходимо проводить агротехнические мероприятия, направленные на увеличение массы ассимиляционного аппарата, и следовательно, способствующие синтезированию пластических веществ в тканях хвои. Оптимальные сроки проведения агротехнических мероприятий в течение сезона вегетации должны соотноситься со спецификой ритма роста и накопления сухой массы отдельными органами и растением в целом и приурочиваться к периодам наиболее активных ростовых процессов.

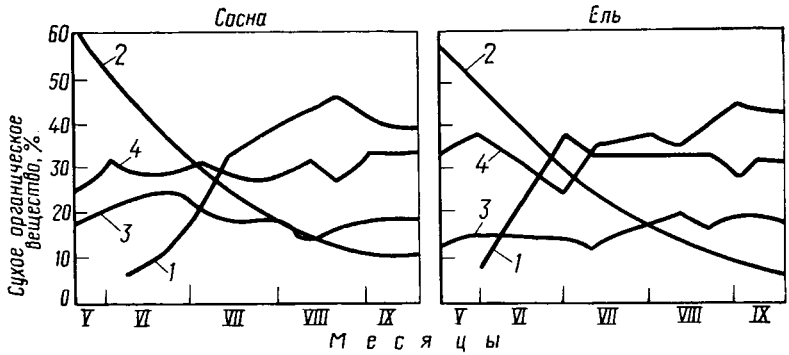


Рис. 16. Распределение сухого органического вещества между органами двухлетних сеянцев:

1 — хвоя текущего года; *2* — ювенильная хвоя; *3* — стволик; *4* — корни

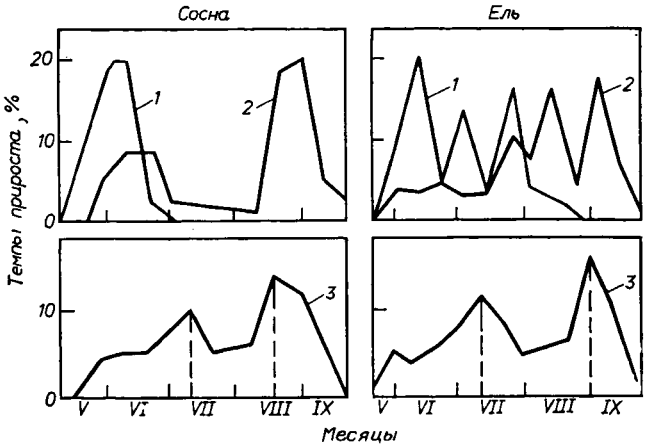


Рис. 17. Темпы линейного прироста двухлетних сеянцев (% общего прироста на конец периода вегетации):

1 — побега; *2* — стволика; *3* — всего растения

Накопление сухого вещества стволиками сеянцев сосны начинается спустя декаду после того, как побег текущего года трогается в рост. В начальный период прирост стволика происходит за счет удлинения побега прошлого года. Интенсивная кумуляция фитомассы начинается спустя 10—15 дней. У сеянцев ели в период линейного роста стволика накопление сухого вещества происходит медленно, темпы его кумуляции возрастают только в конце июля (рис. 17). Накопление сухого органического вещества сеянцами сосны и ели характеризуется двухвершинной кривой: в условиях Ленинградской обл. в питомнике открытого грунта максимумы накопления сухого вещества у сеянцев сосны и ели отмечены в первой декаде июля и в конце августа; в условиях Марийской АССР в питомнике открытого грунта и в теплице у сеянцев ели — в середине июля и начале сентября, а у сосны — в первой декаде июня и последней декаде августа.

Исследования, проведенные в Марийской АССР, показали, что микроклимат культивационных сооружений не изменяет характер естественного ритма накопления сухого вещества двухлетними сеянцами, но он способствует значительному повышению его интенсивности. Изучение минерального питания двухлетних сеянцев не выявило его принципиального отличия от наблюдаемого у однолетних сеянцев. Так, растения поглощали больше всего азота и меньше всего фосфора. Максимальная потребность сеянцев в элементах минерального питания отмечена во второй половине периода вегетации и совпадает в основном с ритмом накопления сухого вещества в растениях. Концентрация питательных элементов в органах растения достигает своей максимальной величины в начале периода вегетации, затем она снижается и колеблется около одного уровня до конца периода вегетации.

Интенсификация выращивания сеянцев сосны и ели на биоэкологической основе

Интенсификация выращивания посадочного материала предполагает последовательное изучение биологических особенностей сезонного роста одно- и двухлетних растений в определенной экологической обстановке и разработку оптимальных сроков проведения основных агротехнических приемов, которые устанавливаются в зависимости от направленности ростовых процессов в растении и с учетом отношения сеянцев к факторам внешней среды на определенных этапах и фазах их органогенеза.

Разработанная нами схема оптимизации выращивания посадочного материала (рис. 18), в основу которой положен причинно-следственный анализ, показывает логическую последовательность изучения и практического приложения проведенных исследований. Изучение роста и развития растений проводили на основе принципа диалектико-материалистической теории познания: рассмотрение внутренней природы предмета ведет к пониманию закономерностей его развития и внешних форм проявления. Поэтому при разработке биологически обоснованных мер по интенсификации роста растений мы опирались на знание именно внутренних закономерностей. При этом время наступления критических и кульминационных периодов роста и развития растений увязывали с внешними их проявлениями в органогенезе.

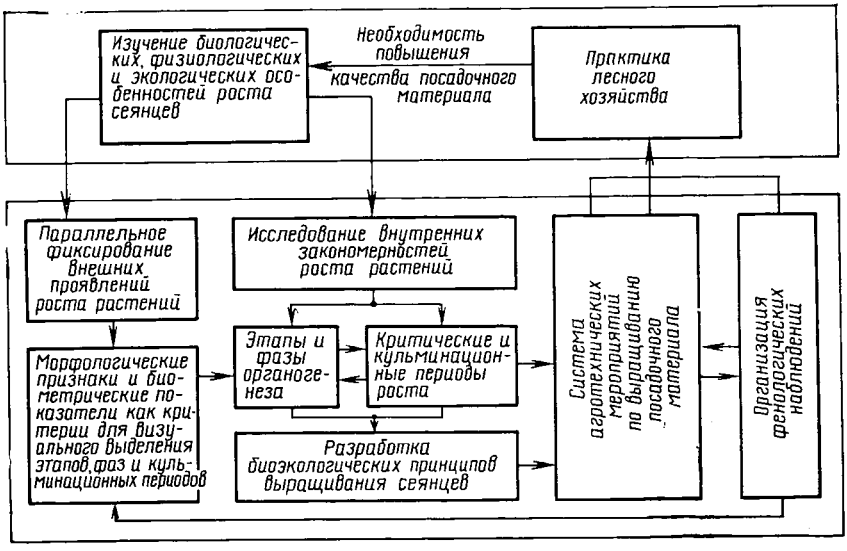


Рис. 18. Схема разработки и применения биоэкологических принципов выращивания посадочного материала

Предложенная система биоэкологических этапов и периодов развития одно- и двухлетних сеянцев во многом объясняет и теоретически обосновывает мероприятия, направленные на улучшение их качества и приживаемости. Морфологические и биометрические критерии выделения этапов и периодов органогенеза позволяют установить дифференцированные сроки проведения мер активного воздействия на рост растений в течение периода вегетации без учета сроков и способов посева семян. Это, несомненно, предусматривает организацию на питомнике постоянных фенологических наблюдений за развитием растений.

Биоэкологические этапы развития сеянцев в питомниках. В результате исследования особенностей роста и развития одно- и двухлетних сеянцев сосны и ели в условиях открытого грунта и в теплицах, а также анализа литературных данных нами выделены следующие этапы органогенеза сеянцев: прорастания семян; проростка; сеянца первого года жизни и сеянца второго года жизни (рис. 19, 20, 21). Каждый из этапов подразделен на периоды. Так, первый этап включает периоды набухания семени; активации ростовых процессов; стимуляции прорастания; роста зародышевого корешка. Второй этап включает периоды формирования и укоренения проростка; третий этап — периоды формирования всхода, хвоевой и заключительный. Четвертый этап может подразделяться на фенофазы сезонного развития [1] или на отдельные периоды развития по преобладанию или скорости накопления биомассы в одном из органов. Последнее в значительной степени зависит от экологических условий, так как именно ими определяется направленность распределения пластических веществ в растении.

Период набухания семени начинается в момент посева, закладки семян на снегование или их замачивания. Продолжительность его варьирует от 1—2 дней до месяца в зависимости от условий окружающей среды и способа подготовки семян к посеву. В это время семя интенсивно поглощает влагу. Период активации ростовых процессов начинается в тот момент, когда семена достигают влажности прорастания (25—36%). Его календарные сроки наступления и продолжительность также сильно варьируют и зависят от условий окружающей среды и способа подготовки семян к посеву. Так, в теплицах этот период продолжается всего несколько дней, а в открытом грунте длится до месяца. В это время скорость поглощения влаги семенами снижается, устанавливается некоторое равновесие между сухой массой семени и содержанием воды в нем.

Период стимуляции прорастания следует непосредственно за предыдущим периодом или протекает совместно с ним. Он характеризуется подготовкой семени к видимому линейному росту (в частности, зародышевого корешка). В это время происходит дифференциация тканей зародыша. Семенные покровы растрескиваются. Время наступления периода роста зародышевого корешка определяется сроками посева и условиями окружающей среды, а продолжительность не превышает 3—5 дней. Морфологическим

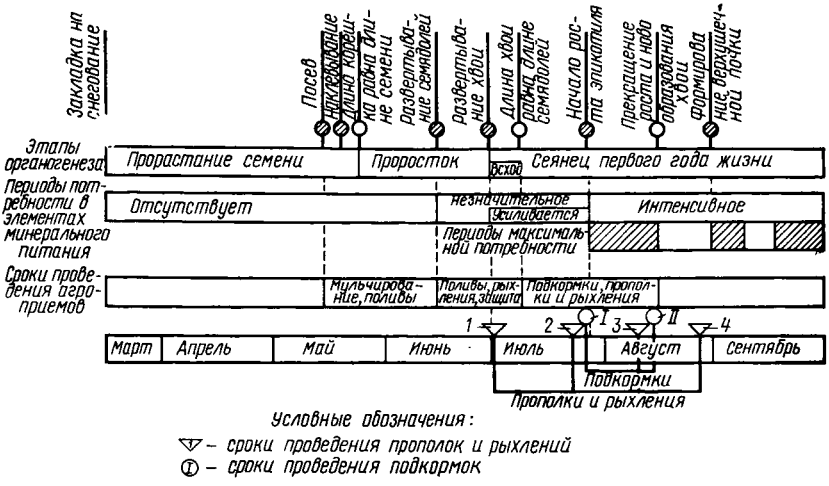


Рис. 19. Принципиальная схема установления оптимальных сроков проведения агротехнических мероприятий по фазам органогенеза однолетних сеянцев сосны (открытый грунт)

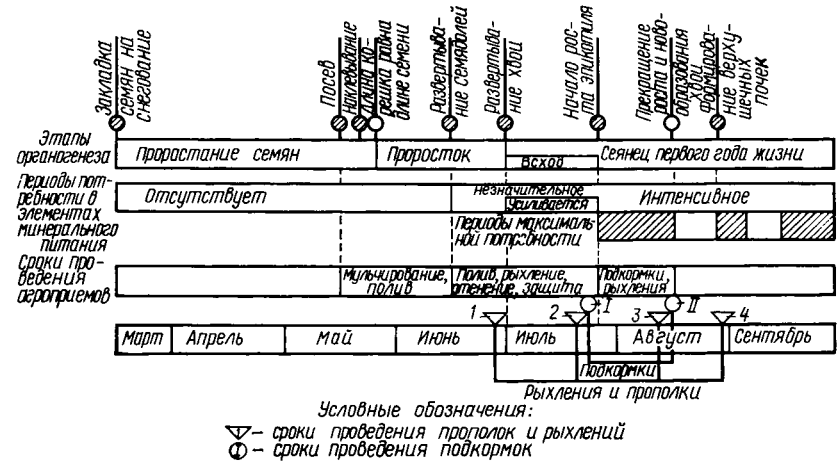


Рис. 20. Принципиальная схема установления оптимальных сроков проведения агроприемов по фазам органогенеза однолетних сеянцев ели (окрытый грунт)

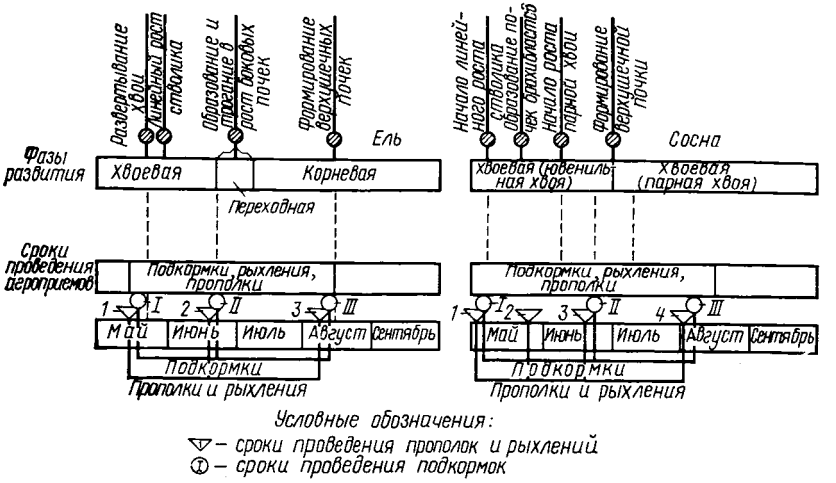


Рис. 21. Принципиальная схема установления оптимальных сроков проведения агроприемов по фазам органогенеза двухлетних сеянцев сосны и ели (открытый грунт)

признаком служит наклевывание семян. Интервал между посевом и наступлением этого периода составляет около недели в теплицах и не менее 10—15 дней в открытом грунте.

Сроки наступления и продолжительность первого этапа сезонного развития зависят от условий окружающей среды. В случае отсутствия жизненно необходимых факторов семена могут находиться в состоянии покоя длительное время. Во время первого этапа развития не зарегистрировано потребление семенами элементов минерального питания.

Второй этап сезонного развития начинается с периода формирования проростка, который имеет следующий морфологический признак: длина зародышевого корешка становится равной длине семени. В теплице он наступает в конце апреля — начале мая и длится около недели, а в открытом грунте наступает в конце мая — середине июня и длится 15—20 дней. Характеризуется ростом корня и гипокотиля, выносящего семядоли на поверхность земли или субстрата. Проросток растет в основном за счет запасных веществ семени. Период укоренения проростка характеризуется развертыванием семядолей, которые выходят из-под накрывающих их семенных покровов. В это время начинается кумуляция сухой массы, а потребление элементов минерального питания незначительно. В конце данного периода формируется почка зачаточного побега, которая представляет собой бугорок яркой окраски (красной). Она располагается в месте прикрепления семядолей на стволике.

В целом второй этап характеризуется подготовкой к дальнейшему росту эпикотиля. В это время заканчивается формирование зачатка эпикотиля и корней 1-го порядка. Растение завершает

подготовку к переходу от гетеротрофного способа питания к автотрофному.

Третий этап сезонного развития начинается с периода формирования всхода. Морфологически он определяется по расщеплению почки зачаточного побега на хвоинки. Хвоя постепенно приобретает зеленую окраску. В это время начинается потребление биогенных элементов из почвы, происходит накопление сухого вещества. Начинает интенсивно формироваться ассимиляционный аппарат, появляются корни 1-го порядка. Ведущее положение в массе всхода по-прежнему занимают семядоли. Продолжительность этого периода, как и предыдущих, определяется экологическими условиями. В условиях теплиц он длится 10—14 дней, а в открытом грунте значительно дольше (до месяца).

Хвоевой период сезонного развития однолетних сеянцев сосны и ели характеризуется преобладанием массы хвои над массой других органов, а также наибольшей скоростью ее накопления. Этот период подразделяется на подпериоды ускоренного роста хвои и замедленного ее роста. Во время первого подпериода длина хвои достигает длины семядолей, начинается интенсивное поглощение элементов минерального питания, формирование ассимиляционного аппарата, эпикотиль сеянцев начинает расти в высоту, появляются корни 2-го порядка. Во время второго подпериода (во второй половине августа) заканчивается рост хвои и осевого побега. Появляются корни 3-го порядка. Наблюдаются интенсивные темпы накопления сухой массы и элементов минерального питания в растении. В целом он характеризуется началом замедления процессов вегетации и активизацией подготовки растений к неблагоприятным условиям осени.

Заключительный период (формирования верхушечных почек) протекает в конце августа-сентябре. В это время растение завершает процесс вегетации и закаливания, переходит в состояние покоя. Несмотря на это, данный период характеризуется определенной физиологической активностью, которая существенно влияет на биометрические показатели и характеристики растений. В этот период происходит рост стволика по диаметру, поглощаются элементы минерального питания, органы сеянца одревесневают, вследствие продолжающейся лигнификации тканей масса органов сеянца возрастает. У сеянцев сосны в этот период формируются корни 4-го порядка. В хвое сеянцев ели повышается содержание растворимых сахаров, снижается общее содержание хлорофилла, pH клеточного сока смещается в щелочную сторону. На этом формирование сеянца в первый год его жизни заканчивается. Процессы роста прекращаются, сеянец переходит в состояние покоя, в котором и будет находиться до весны.

Исследование взаимосвязи периодов сезонного развития двухлетних сеянцев сосны и ели, определяемых по преобладанию или темпам накопления сухой массы в каком-либо из органов, с физиологическими характеристиками растений показало следующее. У сеянцев сосны в период сезонного развития (преобладание мас-

сы хвои первого года жизни над массами других органов сеянцев) начинается интенсивный рост стволика в высоту и активно развивается ассимиляционный аппарат. Данный период продолжается около 1,5 месяцев (май-июнь). Второй период сезонного развития двухлетних сеянцев сосны характеризуется преобладанием массы вновь формирующейся парной хвои над массой других органов сеянца. Он продолжается до конца сезона вегетации. Именно в этот период происходит активное поглощение элементов минерального питания, накопление сухой массы растения, подготовка его к зиме.

Эти периоды выделены в сезонном развитии двухлетних сеянцев сосны, выращенных в открытом грунте Лисинского лесхоза Ленинградской обл. В других экологических условиях возможно перераспределение пластических веществ по органам сеянца. Например, в условиях Марийской АССР в сезонном развитии сеянцев выделены 3 периода развития: хвоевой, переходный и корневой. В условиях Ленинградской обл. у сеянцев ели в открытом грунте хвоевой период начинается с момента распускания хвои. В это же время происходит линейный рост стволика, поглощение элементов минерального питания. Переходный период начинается в момент образования и распускания боковых почек текущего года (обычно в первой половине июля). Продолжительность его невелика и обычно не превышает двух недель. В это время идет усиленное накопление сухого органического вещества в хвое и корнях, продолжается линейный рост стволика. Корневой период сезонного развития двухлетних сеянцев начинается с середины июля. Он не имеет четких морфологических или биометрических показателей и продолжается до конца сезона вегетации. В это время происходит интенсивное накопление сухой массы, элементов минерального питания. К концу вегетационного периода процессы роста замедляются. Масса корней превышает массу хвои и стволиков. Формируются верхушечные почки. Двухлетний сеянец переходит в состояние покоя.

Выращивание сеянцев в открытом грунте. В первые годы жизни сеянцы в своем развитии проходят ряд качественных этапов, различающихся как морфологическими и анатомофизиологическими признаками, так и отношением к условиям внешней среды. Поэтому и меры содействия успешному росту сеянцев будут определяться возрастом растений в зависимости от того, на каком этапе или периоде развития находится растение.

В качестве примера биоэкологического обоснования агротехники выращивания посадочного материала приведем схему оптимальных сроков проведения основных агротехнических приемов в питомнике открытого грунта Лисинского лесхоза Ленинградской обл. При выращивании посадочного материала в других условиях ритмика развития несколько изменится, передвинутся и сроки проведения агротехнических приемов, но принцип решения данного вопроса остается неизменным: агротехнический уход должен проводиться в период наибольшей потребности в нем растения.

Полив посевов. В годы недостаточного увлажнения это обязательное мероприятие при выращивании таких сравнительно требовательных к влаге древесных пород, как ель и сосна. Сроки и интенсивность поливов должны устанавливаться с учетом климатических условий и биоэкологических особенностей роста сеянцев на различных этапах органогенеза. На этапе прорастания семян влажность поверхностного слоя почвы — основной экологический фактор развития. Оптимум влажности находится в пределах 23—26% к абсолютно сухой почве. Прорастанию семян способствуют небольшие колебания влажности субстрата, обычные в природной обстановке. Но засухи, даже кратковременные, губительно действуют на наклюнувшиеся семена. Толщина активного слоя почвы в этот период 0—5 см.

На этапе проростка решающим фактором развития также следует считать влагу. Оптимум влажности для растений находится в пределах 20—25% в песчаной почве, 28—35% в супесчаной. При большем содержании влаги начинает отрицательно сказываться слабая аэрация почвы. Проростки отличаются высокой интенсивностью транспирации, хотя их корешки еще слабо развиты. Это обусловливает крайне низкую их устойчивость к почвенной и атмосферной засухе. Толщина активного слоя почвы возрастает до 10 см.

В первый год жизни сеянца почвенная влага является главным фактором развития, но на сеянцы влияют свойства более глубоких горизонтов почвы (10—20 см ель и 10—25 см сосна). Увеличивается засухоустойчивость растений. Однако следует помнить, что во вторую половину этапа роста сеянцев первого года жизни накопление органического вещества протекает с максимальной интенсивностью. Поэтому при недостаточном естественном увлажнении почвы обеспечение в данный период растений водой с растворенными в ней минеральными веществами необходимое агротехническое мероприятие.

В условиях Ленинградской обл. в развитии однолетних сеянцев сосны и ели в открытом грунте выделены 4 «стрессовых» периода роста и накопления сухого вещества. Здесь рекомендуется проводить поливы после посева семян на этапах прорастания семян, проростка и в период формирования всхода (см. рис. 19, 20). Для условий Марийской АССР, характеризующихся большей сухостью климата, кратность поливов увеличивается (табл. 17).

Сроки и кратность поливов могут изменяться под влиянием метеорологических факторов. Особое влияние оказывают дожди, выпадающие в течение вегетационного периода. При корректировке сроков и числа поливов рекомендуется при выпадении дождя от 10 до 20 мм срок очередного полива переносить, при выпадении дождя меньше 10 мм полив производить в назначенное время.

В зависимости от срока полива и механического состава почвы нормы полива устанавливают по формуле $H = 100\ ГО(П - В)$, где H — поливная норма воды на 1 га, м^3; $Г$ — глубина увлажнения слоя, м; $О$ — среднее значение объемной плотности для ак-

17. Сроки и кратность поливов сеянцев в открытом грунте в условиях Марийской АССР

Этап, период или подпериод	Ель обыкновенная			Сосна обыкновенная		
	Продолжительность дней	Количество поливов	Порядковый номер и сроки поливов	Продолжительность дней	Количество поливов	Порядковый номер и сроки поливов
Прорастание семян	13—22	4	1 — сразу после посева; 2, 3, 4 — соответственно через 5, 10, 15 дней	15—18	4	1 — сразу после посева; 2, 3, 4 — соответственно через 4, 9, 14 дней
Проросток	10—15	2	1 — в начале этапа; 2 — через 6—7 дней	12—17	2	1 — в начале этапа; 2 — через 5—6 дней после первого
Сеянец 1-го года жизни:						
формирование всхода	10—15	1	1 — в первой половине периода	10—15	1	В первой половине периода
ускоренный рост хвои	43—48	4	1 — в начале периода; 2, 3, 4 — соответственно через 12, 24, 36 дней	60—65	6	1 — в начале периода; 2, 3, 4, 5 — соответственно через 10, 20, 30, 40, 50 дней
замедленный рост хвои	40—45	1	Полив в середине периода	30—35	1	Один полив в середине периода
заключительный	30—40	2	1 — в начале периода; 2 — через 15—20 дней	30—40	2	1 — в начале периода; 2 — через 15—20 дней после первого

тивного слоя, т/м^3; *П* — полевая влагоемкость почвы для слоя *Г*, %; *В* — влажность почвы перед поливом, %.

Объемная плотность, полевая влагоемкость и влажность почвы определяются по общепринятым методикам.

Наиболее целесообразный способ полива — дождевание. Для этого используют дождевальные установки «Роса», ДДН-45, ДДН-70, КДУ-55 и др. При поливе дождеванием уплотняется верхний слой почвы, ухудшаются ее аэрация и воздушный обмен. Особенно это опасно для растений во время прорастания семян и укрепления проростка. В табл. 18 приведены нормы полива в условиях Марийской АССР при недостаточном естественном увлажнении почвы.

Рыхление почвы, улучшающее аэрацию почвы, ее структуру и в целом условия роста сеянцев необходимо приурочивать к периодам максимальной чувствительности растений к условиям окружающей среды. Их целесообразно сочетать с подкормками минеральными удобрениями. Предварительное рыхление улучшает проникновение в почву питательных веществ и предотвращает поверхностный сток раствора при жидкой подкормке. В крупных механизированных питомниках для этого используют культиваторы-растениепитатели типа КРСШ-28А, КРН-2,8МО. Рыхление почвы

18. Нормы полива при дождевании, м³/га

Этап, период или подпериод	Почва				
	песчаная	супесчаная	легко-суглинистая	средне-суглинистая	тяжело-суглинистая
Прорастание семян, формирование проростка	30—35	40—45	60—70	80—90	100—110
Укоренение проростка, формирование всхода	60—70	90—100	120—140	160—180	200—220
Ускоренный рост хвои	110—120	140—160	240—250	260—280	300—320
Замедленный рост хвои	140—160	180—190	280—300	320—340	350—370
Заключительный	140—160	180—190	280—300	320—340	350—370

необходимо сочетать с удалением сорной растительности. Современная технология базисных питомников предусматривает широкое применение гербицидов при борьбе с сорняками. В этом случае рыхление почвы можно проводить ручными или тракторными рыхлителями.

Для однолетних сеянцев сосны и ели предусматривается 4 обязательных рыхления. Первое проводится во время наступления фенологической фазы «развертывание хвои», когда появляются корневые окончания 1-го порядка. Второе и третье — в хвоевой период одновременно с подкормками. Четвертое — в конце периода вегетации. Для двухлетних сеянцев сосны рекомендуется четырехкратное, а для ели трехкратное основное рыхление, приуроченное к кульминационным периодам их развития. В этом случае первое рыхление необходимо проводить перед началом вегетации сеянцев — в первую-вторую декады мая. Второе рыхление для сеянцев сосны проводят через 15—20 дней после первого. Остальные рыхления приурочиваются к кульминационным периодам роста.

Прополка при зарастании посевов сорной растительностью и рыхление корки, образующейся после полива или дождя, не исключают проведения основных, биологически обоснованных уходов.

Система почвенного питания сеянцев древесных пород в питомнике в большинстве случаев — решающий фактор в процессе их роста и развития. Кроме того, при рациональной системе питания наряду с повышением продуктивности растений достигается и более экономное использование элементов питания на накопление продуктов синтеза, рост и формирование сеянца.

На отдельных этапах роста сеянцы предъявляют различные требования к почвенному питанию, поэтому система питания молодых древесных растений должна включать комплекс приемов. Основное удобрение рассчитано на улучшение агрофона при вы-

ращивании сеянцев. Его следует вносить до посева семян. В период вегетации целесообразно применять подкормки азотными, фосфорными и калийными удобрениями. Сроки проведения подкормок необходимо увязывать с периодами максимальной потребности растений в биогенных элементах, а также с направленностью ростовых процессов, протекающих в сеянцах (табл. 19). Интенсивное поглощение азота, фосфора и калия из почвы начинается лишь в хвоевой период сезонного развития, когда происходит усиленное формирование ассимиляционного аппарата. В начале этого периода рекомендуется провести азотную подкормку из расчета 20—30 кг/га по д. в. Через 15—20 дней в его конце, когда замедляются процессы роста в надземных частях растения, рекомендуется провести фосфорно-калийную подкормку.

Дифференцированные сроки подкормок двухлетних сеянцев сосны и ели установлены на основе выделенных ранее кульминационных периодов роста растений (табл. 20, 21). Первая подкормка проводится азотными (а при недостатке в почве питательных веществ в усвояемой форме — полными) удобрениями в период развертывания хвои и линейного роста стволиков. Она направлена на интенсификацию ростовых и формообразовательных процессов. Вторую подкормку выполняют в период интенсивного накопления

19. Система удобрений однолетних сеянцев сосны и ели

Удобрение	Ориентировочный срок проведения	Морфологический признак (фаза)	Физиологический аспект	Вид удобрения	Доля внесения, % годовой дозы	Ожидаемые результаты
Основное	Осень предшествующего или весна текущего года	—	—	Полное	50	Улучшение физико-химических свойств почвы
Подкормки						
1	Конец июля	Хвоевой период. Начало роста эпикотильной части стволика	Рост стволика, формирование ассимиляционного аппарата	Азотное	25—30	Увеличение линейных размеров растения, повышение интенсивности образования фотосинтетического аппарата
2	Первая-вторая декады августа	Хвоевой период. Подкормка проводится через 15—20 дней после первой, но не позднее середины августа	Формирование корневой системы, осеннее накопление сухой массы	Фосфорно-калийное	25—30	Повышение морозоустойчивости

20. Система подкормок двухлетних сеянцев сосны

№ подкормки	Ориентировочный срок проведения	Морфологический признак	Физиологический аспект	Вид подкормки	Доля внесения, % общей дозы	Ожидаемые результаты
1	Первая декада мая	Начало линейного роста стволика и рост побега текущего года	Интенсивный рост стволика в длину и по диаметру. Формирование почек брахибластов, развертывание парной хвои	Азотная, полная *	75—80 N 80 N 33 P 33 K *	Усиление линейного и радикального роста стволика, стимулирование развертывания парной хвои
2	Третья декада июня	Формирование верхушечных почек	Завершается линейный рост стволика, идет формирование ассимиляционного аппарата за счет линейного роста хвои. Продолжается рост корней	Полная	20—80 N 50 P 50 K 20 N 33 P 33 K *	Обеспечение интенсивного роста хвои и накопления сухой массы всеми органами растения
3	Первая декада августа	Одревеснение побегов, уплотнение хвои	Осеннее накопление сухой массы, подготовка сеянцев к перезимовке	Фосфорно-калийная	50 P 50 K 33 P 33 K *	Обеспечение оттока ассимилянтов на формирование корневой системы, повышение зимостойкости растений

* При недостатке в почве элементов минерального питания в усвояемой форме.

21. Система подкормок двухлетних сеянцев ели

№ подкормки	Ориентировочный срок проведения	Морфологический признак	Физиологический аспект	Вид подкормки	Доля внесения, % общей дозы	Ожидаемые результаты
1	Первая декада мая	Распускание верхушечной почки	Появление и рост новообразующейся хвои, рост стволика в длину и по диаметру	Азотная полная *	50 N 33 P 33 K *	Обеспечение формирования ассимиляционного аппарата, усиление линейного и радиального роста сеянца
2	Третья декада июня	Образование и трогание в рост боковых почек	Формирование ассимиляционного аппарата, линейный рост корней и стволика, накопление сухой массы растением	Полная	50 N 50 P 50 K 30 N 33 P 33 K *	Усиление роста побегов, формирования ассимиляционного аппарата и кумуляции сухой массы растением
3	Первая половина августа	Формирование верхушечных почек	Осеннее накопление сухой массы, связанное с подготовкой растения к перезимовке	Фосфорно-калийная	50 P 50 K 33 P 33 K *	Повышение морозоустойчивости растения, усиление оттока ассимилянтов из хвои на образование корневой системы

* При недостатке в почве элементов минерального питания в усвояемой форме.

сухой массы всеми органами растений. В это время целесообразно вносить полное минеральное удобрение. Причем для сеянцев ели следует вносить до 50% годовой нормы азота. Наряду с накоплением фитомассы в этот период продолжается линейный рост стволиков. Внесение фосфорно-калийных удобрений при третьей подкормке способствует повышению морозоустойчивости растений.

При разработке системы минеральных подкормок нецелесообразно устанавливать жесткие календарные сроки, так как темпы развития растений зависят от погодных условий года выращивания. Сроки их проведения необходимо координировать с временем проявления наиболее характерных морфологических признаков, связанных с соответствующим критическим периодом. При этом следует помнить, что последнюю подкормку необходимо проводить не позднее середины августа. Более позднее внесение удобрений затягивает срок вегетации растений.

Дозы внесения минеральных удобрений, в том числе и в виде подкормок, устанавливают согласно наставлениям по применению удобрений, исходя из содержания в почве элементов корневого питания в усвояемой форме. Общую дозу удобрений распределяют в течение сезона вегетации в зависимости от направленности ростовых процессов и вида удобрения. Рекомендуется проводить внекорневые или жидкие почвенные подкормки. Однако хорошие результаты дадут и сухие подкормки, если после них провести обильный полив. Полив необходимо проводить по полной норме для данной фазы развития. Жидкая подкормка проводится раствором минеральных удобрений с помощью опрыскивателей, леек или поливной системы.

Выращивание сеянцев в теплицах. Данный способ выращивания посадочного материала, в первую очередь из семян элитных деревьев, в настоящее время один из наиболее перспективных. Основные его преимущества — рациональное использование семян, сокращение срока выращивания за счет более раннего посева и усиления интенсивности роста сеянцев, увеличение в 2—4 раза их выхода с единицы площади по сравнению с выходом в открытом грунте. Повышается качество сеянцев, что обеспечивает их высокую приживаемость и хороший рост на лесокультурной площади или в брикетах при производстве саженцев с закрытой корневой системой.

Выбор площади. Место для строительства теплиц должно быть ровным или иметь небольшой уклон (2—3°) по направлению к югу, почвы — дренированными и легкими по механическому составу. В случае закладки теплиц на тяжелых почвах рекомендуется сделать искусственный дренаж, насыпав слой крупнозернистого песка или гравия толщиной 15—20 см. Теплицы располагают вблизи надежного источника водоснабжения, у стены леса для защиты от ветров, но так, чтобы в них не снижалась освещенность.

Конструкция теплицы должна обеспечивать создание благоприятных для растений микроклиматических условий и возможность использования машин и механизмов. Указанным требовани-

ям вполне отвечает крупногабаритная теплица блочного типа. Институтом «Союзгипролесхоз» разработан для лесных питомников типовой проект унифицированных секций теплиц площадью 500, 1000 и 1500 м² с полиэтиленовым покрытием. Имеется много других проектов теплиц [7]. Для предотвращения перегревания воздуха и субстрата при любой конструкции в верхней части кровли и боковых стенках теплицы необходимо предусмотреть устройство вентиляционных окон. Одновременно со строительством теплицы должна монтироваться поливная система, состоящая из резервуара для воды, насоса, трубопроводов, разбрызгивающих насадок.

Лучший вид субстрата при выращивании сеянцев сосны и ели в теплице — торф. В зависимости от наличия в данной местности торфяных месторождений, возможностей хозяйства может применяться торф верховых или низинных болот. Вывозят торф в осенне-зимний период. Перевезенный на питомник торф укладывают в штабеля, где он проветривается 4—5 месяцев. При длительном его хранении возможен налет семян сорных трав, поэтому верхний слой штабеля использовать нельзя.

Оптимум для прорастания семян и роста всходов находится в пределах следующих показателей pH солевой вытяжки: для ели 5,0—6,0, сосны 4,5—5,5. Сфагновый торф верховых болот имеет очень кислую реакцию (pH 2,5—3,5), для нейтрализации которой вносят известняковую муку или гашеную известь. Дозу извести желательно установить опытным путем. Обычно вносят 3—5 кг извести на 1 м³ торфа или 0,6—1 кг на 1 м² площади. Кислотность торфа низинных болот обычно находится в пределах нормы (pH 4,5—6,0). В случае более низкой кислотности также необходимо известкование субстрата (1,5—2 кг/м³ или 0,2—0,4 кг/м²).

Верховой торф очень беден питательными веществами в доступной для растений форме. Поэтому для нормального роста сеянцев необходимо вносить в него минеральные удобрения. Торф низинных болот более обеспечен питательными элементами, однако внесение под посевы ели и сосны азота, фосфора и калия улучшает качество сеянцев, их приживаемость и рост на лесокультурной площади (табл. 22).

22. Нормы предпосевного внесения минеральных удобрений

Удобрение	Верховой торф				Низовой торф			
	на 1 м² гряды, кг*		на 1 м³ торфа, кг		на 1 м² гряды, кг*		на 1 м³ торфа, кг	
	по д. в.	в туках	по д. в.	в туках	под .в.	в туках	по д. в.	в туках
Суперфосфат простой порошковидный, 19%	0,11	0,59	0,64	3,50	0,012	0,063	0,070	0,370
Калий сернокислый 48%	0,11	0,24	0,64	1,40	0,006	0,013	0,035	0,076

* Для слоя торфа толщиной 17 см.

Последовательность внесения удобрений следующая: известняковая мука, сернокислый калий, суперфосфат. Каждый компонент тщательно перемешивают с торфом и только после этого вносят следующий. В верховой торф необходимо также внести микроэлементы, г/м^2: борной кислоты 5—6, медного купороса 2—3, аммония молибденовокислого 2—2,5. Микроэлементы растворяют в воде и поливают раствором готовые для посева участки. Сеянцы азотом лучше всего обеспечивать за счет внекорневых подкормок азотными удобрениями.

Для приготовления и закладки в теплицу торфо-минеральной смеси используют экскаватор Э-153А (погрузка торфа), полуприцеп-разбрасыватель РПТУ-2А (перемешивание торфа с удобрениями) и самоходное шасси Т-16 (завоз субстрата). Микроудобрения вносят в виде раствора при помощи опрыскивателя ОРМ-2 или опрыскивателей типа ОРП. Эти механизмы имеются в большинстве крупных питомников. Можно использовать также погрузчики ПГ-0,5Д, ПУ-0,5, ПЭ-0,8А, прицепы-разбрасыватели 1ПТУ-4, РПТМ-2,0А, тракторные прицепы 1ПТС-2, 2ПТС-4М и др. Качественное перемешивание торфа с минеральными компонентами достигается при использовании специальных сельскохозяйственных смесителей.

Субстрат из верхового торфа разравнивают слоем 20 см, из низинного 16—18 см. Площадь маркируют на гряды (по 4 в каждой секции теплицы блочного типа) самоходным шасси Т-16 за счет уплотнения субстрата колесами или вручную. Поверхность гряд выравнивают легким деревянным катком на тяге самоходного шасси Т-16. Торфо-минеральный субстрат можно использовать в течение 2—3-х лет. На 2-ом и 3-ем году использования обязательна его фумигация раствором карбатиона за 1—2 недели до посева из расчета 30 г д. в. на 1 м^2.

Способы посева и нормы высева семян. Биологические особенности роста сеянцев сосны и ели различны, в частности коренным образом отличаются процессы адаптации растений к неблагоприятным условиям среды в конце периода вегетации. Поэтому сеянцы сосны и ели следует выращивать в разных теплицах или в изолированных друг от друга блоках теплиц, чтобы имелась возможность снятия полиэтиленового покрытия в разные календарные сроки и обеспечивалось наилучшее закаливание растений.

На верховом слаборазложившемся торфе можно применять рядовой посев и посев вразброс. Нормы высева семян I класса, г/м^2: сосны 7, ели 9. В случае использования низинного торфа применяется посев в бороздки глубиной 0,7—1,0 см, шириной у основания 1,5—2,0 см (узкие) и 5—6 см (широкие). Этот способ посева целесообразен и с точки зрения механизации работ. При выращивании сеянцев сосны и ели лучшие результаты получаются в широкобороздковых посевах. В этом случае повышается коэффициент полезного использования семян, улучшается качество сеянцев. При ориентации на получение однолетних сеянцев ели целесообразен посев их в узкие бороздки. При посеве на грядах ши-

риной 1 м располагается 9 широких бороздок с расстоянием между ними 5 см или 19 узких с расстоянием 3 см.

Выход сеянцев с единицы площади и их качество зависят от нормы высева семян и густоты посевов. Биологически и экономически оптимальной густотой выращивания (плановый выход) однолетних сеянцев сосны следует считать 950—1000, ели 1300—1350 шт/м^2, двухлетних сеянцев ели 700—750 шт/м^2.

Норма высева семян определяется по формуле $H = 10\ ПВ/ТКЧ$, где H — норма высева, г/м^2; $П$ — плановый выход сеянцев, шт.; $В$ — масса 1000 шт. семян, г; $Т$ — техническая всхожесть семян данной партии, %; $Ч$ — чистота семян данной партии, %; $К$ — коэффициент полезного использования семян, определяемый как отношение количества годных для пересадки сеянцев к общему числу высеянных семян. При выращивании однолетних сеянцев сосны он равен 0,7, ели 0,8, двухлетних сеянцев ели 0,6. Данные о массе, технической всхожести и чистоте семян берутся из удостоверения о кондиционности семян, выданного контрольной лесосеменной станцией.

В субстрат из низинного торфа специального внесения микроудобрений не требуется. Однако предпосевная обработка семян микроэлементами дает положительный результат. Для намачивания семян рекомендуется применять одно из следующих микроудобрений в концентрациях по д. в., %: борную кислоту 0,002, сернокислую медь 0,05, молибденовокислый аммоний 0,05. Срок намачивания 18 ч, после чего семена подсушивают до состояния сыпучести. Семена перед посевом протравливают одним из порошкообразных фунгицидов из расчета на 1 кг семян: гранозаном 2—3 г, фетиурамом 5 г или ТМДТ 3—4 г.

Время посева устанавливают исходя из сроков перехода температуры через +5° С и окончания заморозков. Наблюдения показали, что посев в эти сроки дает наилучшие результаты. После посева семена покрывают 0,7—1,0-сантиметровым слоем опилок. Посевы слегка поливают (0,5—1 л/м^2). При ручном посеве бороздки вдоль гряд делают маркером. При некотором переоборудовании для посева можно использовать посевную машину «Саксония-А-761», сеялки «Литва-25», СЛШ-4М и некоторые другие. Мульчируют опилками при помощи мульчирователя МСН-0,75.

Уход за посевами проводится для создания наиболее благоприятной экологической обстановки на различных этапах роста и развития сеянцев. Это достигается за счет проветривания теплицы, поливов, подкормок, прополки и посевов и рыхления почвы. С помощью проветривания осуществляется регулирование температуры воздуха и почвы. В исключительных случаях некоторого понижения температуры можно достичь кратковременным дождеванием. Температурный оптимум для прорастания семян находится в пределах 20—25° С, минимум 6—8° С, максимум 37° С. При оптимальной температуре субстрата ускоряются набухание и прорастание семян. В период укоренения проростка оптимальные параметры температуры находятся в этих же пределах. При темпе-

ратуре ниже 15° С и выше 30° С рост проростков замедляется, а при 40—45° С они погибают. Опасной для них является и температура —3° С. В хвоевой период днем следует стремиться поддерживать температуру на уровне 25° С, обеспечивая максимальную интенсивность фотосинтеза. В этот, а также в переходный период нельзя допускать ее снижение ниже 0° С. В заключительный период сеянцы легко переносят заморозки.

Посевы поливают при помощи стационарных оросительных установок. При этом надо обеспечивать мелкокапельное распыление воды и равномерный полив площади. Влажность — ведущий фактор прорастания семян. Как недостаток, так и избыток влаги резко снижает всхожесть семян. В данный период нельзя допускать даже кратковременных засух. В период прорастания семян важно поддерживать во влажном состоянии поверхностный слой почвы (0—5 см), поливные нормы будут минимальными (1,5—2,5 л/м²). В период укоренения проростка толщина активного слоя почвы возрастает до 10 см, а в хвоевой период до 10—20 см для сеянцев ели, 10—25 см для сеянцев сосны. Нормы поливов должны быть увеличены (4—7 л/м²). В заключительном периоде количество поливов можно сократить до 2—3 в неделю.

На этапе прорастания семян и в период укоренения проростка решающую роль играет влажность воздуха. Излишняя влажность воздуха и почвы способствует полеганию сеянцев. Наиболее благоприятная относительная влажность воздуха для жизнедеятельности растений 70—80%. Падение ее до 20—25% приводит к сильному ослаблению и даже гибели всходов. Борьба с инфекционным полеганием заключается в обработке сеянцев водной суспензией ТМТД в концентрации 0,5% (5 л/м²) или 0,5%-ным раствором марганцовокислого калия (8 л/м²).

Подкормку азотом лучше всего проводить в начале хвоевого периода, когда начинается интенсивное накопление органического вещества и рост сеянцев: первую в самом начале наступления данного периода, вторую в его середине (через 20 дней после проведения первой подкормки у ели и 30 у сосны). В заключительный период производят третью подкормку фосфором и калием. Концентрация раствора (по д. в.) не должна превышать для однолетних сеянцев 0,3%, двухлетних 0,5%. Норма расхода раствора — 10 л/м². Появляющиеся в посевах сорняки необходимо своевременно удалять. Для улучшения аэрации и скважности почвы ее рыхлят: 2—3 раза на первом году и 1—2 на втором. Особо важно рыхление в период укоренения проростка. Его можно проводить при помощи ротационной мотыги РКП-1 на базе тракторов Т-40, МТЗ-52 или игловидными ручными рыхлителями.

Проветривают теплицы через вентиляционные окна в кровле или боковых стенах. В ранневесенний период лучше всего использовать форточную вентиляцию в кровле, которая дает плавное, небольшое снижение температуры. Боковую вентиляцию, приводящую к резкому снижению температуры воздуха, следует применять в весенне-летний период. Применение электродвигателей для

проветривания позволяет автоматизировать процесс поддержания температуры воздуха на определенном уровне. Воздухообмен и изменение температуры приводят к изменению влажности воздуха. Повышение влажности воздуха и почвы достигается за счет полива.

Для наблюдения за микроклиматом в теплице желательно оборудовать метеоплощадку с набором специальных приборов: аспирационного психрометра МВ-4М, гигрографа М-21Н, термографа М-16Н, термометров Савинова, люксметра Ю-16 и др.

Условия теплицы существенно не влияют на характер роста растений. В частности, заложение верхушечной почки в открытом грунте и в теплице у однолетних и двухлетних сеянцев ели и сосны происходит приблизительно в одно и то же время. Это говорит о несостоятельности широко распространенного мнения, что для своевременного прекращения роста и заложения верхушечной почки сеянцы следует перевести на режим открытого грунта не позднее августа. В сентябре еще интенсивно развивается корневая система. Продление срока нахождения сеянцев в более благоприятных условиях теплицы существенно улучшит развитие корневой системы, других органов и тем самым повысит их качество. Теплицы с однолетними сеянцами ели рекомендуется освобождать от пленки во второй половине сентября или даже в начале октября.

При выращивании однолетних сеянцев сосны необходим более тщательный контроль за их физиологическим состоянием. В случае начала растяжения верхушечной почки и ее распускания покрытие с теплиц должно быть снято немедленно, а при отсутствии этого процесса покрытие с теплиц можно снимать в сроки, рекомендованные для ели.

Выкопка, сортировка и хранение сеянцев. В течение одного вегетационного периода сеянцы сосны и ели достигают стандартных размеров и становятся пригодными для пересадки на лесокультурную площадь.

Выкопку сеянцев можно производить весной после оттаивания субстрата или осенью. Выкопанные весной сеянцы до посадки временно прикапывают или хранят в специальном складе-холодильнике; при осенней выкопке хранение возможно только в холодильнике. Искусственное или естественное охлаждение применяется, когда необходимо растянуть сроки посадки: не готова лесокультурная площадь или же сеянцы используются для производства саженцев с закрытой корневой системой. На выкопке сеянцев используют выкопочную скобу НВС-1,2, выборку и сортировку производят вручную.

Предлагаемая биоэкологическая система агротехнических мероприятий по выращиванию сеянцев хвойных пород позволит активно воздействовать на рост растений. При этом дифференцированные сроки агротехнических мероприятий устанавливаются по морфологическим признакам развития растений, что позволяет координировать их в зависимости от метеорологических условий года выращивания. Проведение агроприемов по этапам и перио-

дам развития растений делает агротехнику выращивания сеянцев более гибкой, что дает возможность применять рекомендации не только в условиях, где проведены исследования, но и в других районах выращивания сеянцев хвойных пород.

Список литературы

1. **Булыгин Н. Е.** Фенологические наблюдения над древесными растениями. ЛТА. Л., 1979. 96 с.

2. **Гулидова И. В.** Определение поверхности хвои у ели.— В кн.: Сообщение Ин-та леса АН СССР. М., Изд-во АН СССР, вып. 2, с. 51—59.

3. **Дроздов С. Н., Сычева З. Ф., Будыкина Н. П., Курец В. К.** Эколого-физиологические аспекты устойчивости растений к заморозкам. Л., Наука, 1977, 228 с.

4. **Зепалов С. М.** Фазы роста сеянцев как основа их агротехники. В кн.: Научный отчет ВНИАЛМИ за 1941—1942 гг. М., Сельхозгиз, 1946, с. 151—163.

5. **Зепалов С. М.** О биологии роста в однолетнем возрасте сопутствующих дубу пород. В кн.: Культуры дуба. М., Сельхозгиз, 1954, с. 156—178.

6. **Игаунис Г. А.** Биологические основы ускоренного выращивания сеянцев древесных пород. Рига, Зинатне, 1974. 133 с.

7. **Игаунис Г. А.** Выращивание посадочного материала в теплицах с синтетическим покрытием. М., Лесная промышленность, 1974. 240 с.

8. **Кальной П. Г.** Влияние условий корневого питания на качество (вес) сеянцев. В кн.: Научные труды Украинской СХА. 1973, вып. 94, с. 12—14.

9. **Кальной П. Г.** Биология роста однолетних сеянцев клена остролистного и клена серебристого.— Научные доклады высшей школы. Биологические науки. 1973, вып. 10(118), с. 78—83.

10. **Кальной П. Г.** Система применения удобрений в питомниках. Лесохозяйственная информация, ЦБНТИлесхоз, М., 1974, с. 32—37.

11. **Карманова И. В.** Математические методы изучения роста и продуктивности растений. М., Наука, 1976. 221 с.

12. **Лир Х., Польстер Г. Н., Фидлер Г. И.** Физиология древесных растений. М., Лесная промышленность, 1974. 423 с.

13. **Лобанов Н. В.** Микотрофность древесных растений. М., Лесная промышленность, 1971. 215 с.

14. **Маттис Г. Я.** Интенсификация выращивания посадочного материала для защитного лесоразведения. М., Лесная промышленность, 1976. 144 с.

15. Редько Г. И. Лесные культуры. Лесные питомники. Л., ЛТА, 1976. 66 с.

16. **Родин А. Р., Грибков В. В., Никитина А. В.** Оптимальные соотношения надземной биомассы посадочного материала и корневых систем хвойных пород. Лесохозяйственная информация. 1974, № 15, с. 13—14.

17. **Санников С. Н.** Биоэкологические этапы индивидуального роста и развития сеянцев самосева сосны. В кн.: Экология и физиология древесных растений Урала. Тр. Ин-та биологии Уральского филиала АН СССР. Вып. 35, 1963. 148 с.

18. **Слухай С. И.** Питание и удобрение молодых древесных растений. Киев, Наукова думка, 1965. 301 с.

19. **Ширская М. Н.** Культуры кедра сибирского в горных лесах Сибири. М., Лесная промышленность, 1964. 100 с.

20. **Щербаков А. П.** О распределении элементов золы и азота в различных органах двухлетних сеянцев древесных пород. Изд-во АН СССР, 1951, с. 469—472.

21. **Щербаков А. П., Лазарева А. А.** О периодичности роста и накопления сухого вещества у двухлетних сеянцев древесных пород.— Бюллетень Московского общества испытателей природы, отдел Биологический. 1952, т. 57, вып. 1, с. 78—83.

22. **Щербаков А. П.** Вопросы минеральнеого питания сеянцев древесных пород — Труды Института леса. М. — Л., 1955, т. 24, с. 7—43.
23. **Щербаков А. П.** Ритмы роста и питания древесных растений. В кн.: Физиологические основы роста древесных растений. М., 1960, с. 91—108.
24. **Aronsson A., Ingestad T., Loof L.**— J. Carbohydrate metabolism and frost hardiness in pine and spruce seedlings grown at different photoperiods and thermoperiods. In «Physiologia plantarum», 1976, 36, 2, p. 127—132.
25. **Linder S.** Seasonal variation of pigments in needles. A study of Scots pine and Norway spruce seedlings grown under different nursery conditions. In «Studia forestalia suecica», 1972, 100, 37 p.

Содержание

Предисловие 3
Краткие сведения о биологии роста и развития сеянцев 4
Биологические особенности роста сеянцев сосны и ели 10
Интенсификация выращивания сеянцев сосны и ели на биоэкологической основе 42
Список литературы 60

Георгий Иванович Редько,
Дмитрий Васильевич Огиевский,
Елена Николаевна Наквасина,
Евгений Михайлович Романов

БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АГРОТЕХНИКИ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЯНЦЕВ

ИБ № 1682

Редактор издательства *З. С. Брунова*
Художественный редактор *К. П. Остроухов*
Обложка художника *А. Н. Жданова*
Технический редактор *В. В. Соколова*
Корректор *В. И. Смирнова*
Вычитка *Е. Е. Яриной*

Сдано в набор 25.10.82. Подписано в печать 06.12.82. Т-21373.
Формат 60×90/16. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 4,0. Усл. кр.-отт. 4,25. Уч.-изд. л. 4,34. Тираж 3700 экз. Заказ 420. Цена 20 коп.

Ордена «Знак Почета» издательство «Лесная промышленность»,
101000, Москва, ул. Кирова, 40а

Московская типография № 19 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,
107078, Москва, Каланчевский тупик, д. 3/5