

Биоэкологические основы выращивания сеянцев ели в условиях южной Карелии

О. И. Гаврилова¹

Г. И. Редько

*Петрозаводский государственный университет
С.-Петербургская лесотехническая академия*

Рассматриваются результаты исследований роста и развития сеянцев ели европейской и даны рекомендации по проведению основных видов ухода, сроков, периодичности проведения подкормок по морфологическим признакам.

Ключевые слова: *лесокультурные работы, сеянцы, эпитотиль, рост и развитие.*

Объемы лесокультурных работ в Республике Карелия за последние годы имеют тенденцию к снижению, что объясняется причинами как лесоводственными, так и социально-экономическими. Создавшаяся на предприятиях лесного комплекса обстановка заставляет искать новые пути интенсификации производства. При этом одной из основных задач является повышение качества и научное обеспечение планового выхода стандартного посадочного материала, выращиваемого в лесных питомниках, как одного из основных условий успешности искусственного восстановления лесов.

Хорошее знание биологии выращиваемых пород, закономерностей формирования проростка, вегетативных органов растения в течение периода роста, динамики накопления сухого вещества, ритмов потребления основных элементов минерального питания сеянцев, соответствия конкретной экологической обстановки оптимальным режимам роста молодых растений может обеспечить повышение качества посадочного материала и снижение затрат в лесокультурном производстве.

В предлагаемой работе исследованы вопросы влияния на развитие сеянцев биологических и экологических факторов, а также факторов, являющихся зависящими от человека: норм высева семян, способов обработки семян к посеву, сроков посева и глубины заделки семян. В результате проведенных исследований были разработаны схемы подкормки и рыхлений с учетом морфологических признаков этапа развития растений.

Рост и скорость роста являются одним из наиболее интегральных показателей растительного организма. Рост зависит от большого количества факторов: генетического различия, нелинейности реакции растений,

взаимодействия факторов, адаптационных явлений в ответ на изменение среды, естественной корреляции между факторами среды, онтогенетических дрейфов, последствий прошлых факторов среды. Сложность составления полного описания влечет за собой необходимость выбора наиболее рациональных упрощений, приводящих к минимальным ошибкам.

ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Работы проводились по следующей программе:

1. Изучение развития и ритмов роста одно-, двух- и трехлетних сеянцев ели в процессе онтогенеза в условиях теплиц с полиэтиленовым покрытием и открытого грунта: морфологические особенности строения сеянцев в процессе онтогенеза, динамика линейного и радиального роста надземной части и корневой системы, динамика накопления сухого органического вещества различными органами растений, изменение содержания влаги в тканях различных органов растений в течение сезона.
2. Анализ экологической обстановки, включающий изучение механического и химического состава почв, влажности и температуры пахотного горизонта по 5-сантиметровым горизонтали приземного слоя воздуха на определенных участках открытого и закрытого грунта.
3. Выяснение особенностей минерального питания сеянцев в открытом грунте и в теплице в связи с фенологическим состоянием.

Исследования по перечисленным программным вопросам проводились по применяемым в современных исследованиях методам. После посева для изучения динамики роста сеянцы выкапывались через 5 дней для однолетних и через 10 - для двух- и трехлетних сеянцев. У всех выкопанных растений определялись высота гипокотила, длина главного корешка, количество хвоинок и длина хвои, длина и диаметр боковых корней различных порядков, диаметры стволиков, ширина и толщина хвоинок в наиболее широкой их части. Фенологические наблюдения проводились с учетом фиксированных проявлений морфологических признаков отдельных фенофаз: наклеивание семян, разворачивание семядолей, распускание хвои, формирование боковых и верхушечных почек, появление боковых корней различных порядков.

Изучение минерального субстрата осуществлялось по данным агрохимических анализов средних образцов почвы или субстрата по общепринятым методикам.

Определялось содержание азота, фосфора и калия в различных тканях растения также через 5-дневные промежутки. Абсолютное содержание минеральных элементов рассчитывалось путем умножения кон-

¹ Авторы - соответственно доцент кафедры лесного хозяйства и профессор СПб. ЛТА

центрации элемента на массу органа, в котором эта концентрация определялась.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Линейный рост стволика и корней сеянцев древесных пород является наиболее наглядным показателем сезонного развития. На основе материалов трехлетних исследований прослежена динамика роста этих параметров, которая увязывалась с особенностями морфологического развития. Способ подготовки, сроки посева семян определяют лишь время проявления отдельных морфологических признаков, продолжительность этапов морфогенеза и абсолютные значения качественных показателей сеянцев, не изменяя периодичность и характер ритмов роста.

При благоприятном режиме влажности и температуры почвы уже через 4-5 дней после посева семена наклеиваются, и зародышевый корешок трогается в рост. После его углубления в почву на 1-1,5 см начинается рост подсемядольного колена, выносящего семядоли на поверхность. Интенсивный рост его продолжается до 20 дней, к этому времени семядоли освобождаются от семенных покровов и разворачиваются. Количество семядолей детерминировано наследственно, как и длина гипокотильной части сеянца (7-8 штук и 35 мм). Зародыш голосеменных имеет свойство биполярности, т. е. рост идет в двух противоположных направлениях - стволика в высоту и корня в глубину почвы. Причем прекращение роста гипокотильной части в высоту после выноса семядолей на поверхность совпадает с замедлением роста корня. В течение 20-30 дней у сеянцев не наблюдаются визуальные признаки роста и новообразования. По мнению ряда авторов, в это время происходит переход проростка от автотрофного к гетеротрофному питанию, который завершается появлением хвои. Этот период "скрытого" роста подготавливает видимый рост. В проростке идет процесс перестройки организма, связанный с развитием почки, зачаточного побега и появлением корней первого порядка. Появление корневых окончаний совпадает по времени с разворачиванием почки и распусканием хвои. Этот период наиболее напряженный в физиологическом отношении, так как высокий уровень транспирации гипокотилиа и семядолей обуславливает нужную устойчивость проростка к почвенной и атмосферной засухе.

Дальнейший прирост однолетнего сеянца обуславливается деятельностью эпикотилиа. Примерно через 3-4 недели 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 эпикотилиа зависят в сильной степени от экологических условий. Так, в теплице его продолжительность

достигает 45 дней. В этих условиях кривая роста в высоту довольно четко разделяется на три участка аналогично кривой большого периода роста Сакса (S-образная кривая): начало, интенсивный рост и его замедление. Снижение влажности воздуха в условиях открытого грунта может оказать ингибирующее воздействие на начало роста эпикотилиа. После окончания роста сеянцев в высоту, которое происходит в основном в первой декаде сентября, начинается перераспределение пластических веществ сеянцами как следствие подготовки их к зимнему периоду.

Запаздывание со сроками посевов означает уменьшение периодов, когда сеянец напряженно готовится к наиболее ответственным моментам своей жизни: интенсивному росту эпикотилиа или подготовке к зиме. Именно это приводит к потере в высоту до 33% при запаздывании со сроками на 20 дней, и к потере до 27% при запаздывании на 10 дней по сравнению с контрольными сроками посевов в теплице, для открытого грунта - до 22 и 17% соответственно.

Замоченные в снеговой воде семена, по сравнению со стратифицированными, развиваются примерно одинаково и по размерам к концу сезона различаются незначительно. Посевы неснегованных семян отличались по высоте от стратифицированных в условиях открытого грунта на 35%, в условиях теплиц - на 20%.

Рост побега завершается формированием верхушечной почки, в то время как стержневой корень продолжает рост.

Изменение относительных значений высоты для разных вариантов сроков посева описывалось одной кривой, т. е. существует общая закономерность в их развитии, зависимость от внутренних, биологических факторов, определяемая как календарный день от начала роста эпикотилиа.

Сроки посева как календарный день влияют на размеры сеянцев к концу сезона опосредованно как сумма накопленных температур на момент посева (более +5°C на момент посева). Зная оптимальные для роста сеянцев суммы положительных температур к моменту посева, можно регулировать сроки высева семян в зависимости от погодных условий года выращивания. С другой стороны, на выход качественного посадочного материала оказывает влияние своевременное осуществление необходимых агротехнических мероприятий в период роста сеянцев.

Рядом авторов было показано, что у однолетних сеянцев различных пород периоды "малого роста" сменяются периодами "большого роста", а максимум прироста фитомассы приходится на август-сентябрь. Проведенные исследования периодиче-

ского накопления сухого органического вещества и линейного прироста надземной части и корней позволяют установить ритмы роста сеянцев ели в органогенезе и выделить периоды "максимальной эффективности" питания (см. рис.).

Высокие темпы прироста фитомассы предшествуют или совпадают по времени с наиболее интенсивным приростом массы хвои, а ослабление прироста в хвое и стволиках совпадает с усилением скорости накопления сухого вещества в корнях. Максимальный прирост массы стволиков наступает после максимума прироста хвои, но до основного увеличения массы корней. В конце июля наблюдается некоторое снижение прироста массы хвои. В период развития осевого побега отмечено детерминированное чередование ростовых процессов: новообразование хвои в конусе нарастания побега происходит на фоне снижения его линейного прироста.

Масса корней увеличивается максимально только после окончания линейного прироста. Это связано с процессом одревеснения, который в корнях проходит несколько позже, чем в стволиках. Интенсивное накопление сухой массы в корнях происходит одновременно со снижением темпов линейного прироста стержневого корня и с ростом боковых окончаний очередного порядка. Чем меньше число боковых корней, тем интенсивнее идет прирост у уже появившихся, и наоборот, чем больше число новообразований тем изменение длины в корнях менее интенсивно. В условиях Карелии максимальный прирост биомассы наблюдается в середине августа и обусловлен интенсивным приростом хвои. Осенний подъем в накоплении сухой массы связан с усилением линейного роста боковых окончаний корней и одревеснением.

Изучение сезонной периодичности позволяет выделить четыре особенно напряженных момента в органогенезе, характеризующихся определенными ростовыми и формообразовательными процессами:

1. Развержение семядолей и освобождение их от семенных покровов. Замедленный рост стволика и корней, переход к автотрофному питанию. Несоответствие между развитием надземной части и слабым укоренением растения. Высокий уровень транспирации гипокотыля и семядолей обуславливает низкую устойчивость проростка к почвенной и атмосферной засухе.
2. Развержение почки зачаточного побега и появление хвои. Появление боковых окончаний первого порядка.
3. Начало роста осевого побега. Интенсивное формирование ассимиляционного аппарата. Одревеснение стволиков, максимальные темпы накопления сухой массы.

4. Осеннее накопление сухой массы. Идет интенсивное формирование корневой системы, закладывается верхушечная почка. Повышение зимостойкости растений.

Отмечено, что изменение прироста биомассы хвои, корней, стволиков связано с суммой накопленных температур на момент посева и продолжительностью роста эпикотильной части сеянца. Эта связь выражается уравнениями логарифмической зависимости:

$$\text{LnK} = -8,32 + 1,18\text{LnD} - 0,04\text{Ln}^2\text{D} - 0,01\text{LnT LnD}, \\ R^2=98,41$$

$$\text{LnF} = 4,38 + 0,37\text{LnD} - 0,02\text{LnT LnD}, \\ R^2=85,01$$

$$\text{LnS} = 2,53 + 0,17\text{LnT} - 0,24\text{LnD} + 0,06\text{Ln}^2\text{D} - 0,04\text{LnT LnD}, \\ R^2=96,86$$

где: K - масса корней;
F - масса хвои;
S - масса стволиков;
T - сумма накопленных положительных температур на момент посева;
D - день от начала роста эпикотыля.

Уравнение работает в следующих предельных значениях:

$$0 < D \leq 130 \text{ и } 0 < T \leq 400$$

Биологическая потребность в минеральном питании на протяжении периода вегетации не остается постоянной. Поглощение питательных веществ растениями не остается постоянным. Поглощение питательных веществ растениями и ход их превращения зависят от степени развития растений, интенсивности процессов дыхания, синтетической деятельности корней и фотосинтетической деятельности листьев, а также от условий произрастания: режима освещения, температуры, влажности, аэрации.

Как уже отмечалось выше, в период прорастания семян медленно идет процесс накопления сухого вещества. При этом поглощение элементов минерального питания незначительно. С появлением хвои, по мере перехода к автотрофному способу питания, потребление питательных веществ усиливается. Однако наибольшая скорость накопления питательных веществ наблюдается только с началом роста осевого побега, одновременно с усилением аккумуляции сухой массы всеми органами растения.

При диагностике потребности растения в минеральных веществах можно использовать хвою как наиболее доступную часть растения, и по весу растения на основе соотношения между абсолютно сухим весом и содержанием элементов в нем в полевых условиях можно определить потребность растения в минеральном питании.

Для определения периодичности питания и при разработке верных сроков подкормки растений была выявлена динамика основных питательных веществ в течение сезона вегетации. Для сеянцев ели первого года вегетации были выделены три максимума потребления зольных элементов и азота, которые совпадают по времени с периодами максимального накопления сухого вещества:

1. Формирование ассимиляционного аппарата, активное накопление азота и калия.
2. Поступление биогенных элементов в корни и хвою для формирования корневой системы и верхушечной почки сеянца.
3. Окончание формообразовательных и ростовых процессов. Азот и фосфор поступают в ткани корней и стволика. Соли калия аккумулируются в хвое и корнях. Происходит процесс одревеснения стволика и корней и подготовка растений к зиме.

Для двухлетних и трехлетних сеянцев были выделены три периода по направленности формообразовательных и ростовых процессов:

1. Начало верхушечного роста. Пластические вещества расходуются на построение тканей интенсивно растущего побега и на образование хвои. Сразу после этого происходит утолщение стволика и главного корня растения. Отмечается несоответствие между слабым развитием корневой системы и быстрым ростом испаряющей поверхности.
2. Накопление сухого вещества в хвое и корнях растения, развитие ассимиляционного аппарата, интенсивный рост стволика в длину по времени совпадает с распусканием боковых почек прошлого года.
3. Окончание линейного роста терминальных побегов и хвои, накопление сухой массы всеми органами растения.

Таким образом, знание биологии роста, "критических моментов" в жизни растения, точной классификации этапов их органогенеза, выделение морфологических и биометрических критериев их проявления позволяют установить оптимальные сроки проведения подкормок, рыхлений, поливов.

На основании изучения литературных данных и проведенных исследований для сеянцев однолетней ели были выделены следующие этапы их развития:

1. Этап прорастания семени, который включает в себя фазы набухания семян, активации ростовых процессов, стимуляции прорастания и роста зародышевого корешка. Этап начинается с момента предпосевной подготовки семян и завершает-

ся появлением зародышевого корешка, равного длине семени. Семена ели начинают прорастать при влажности семян 35-36% от их веса в свежем состоянии. Причем, по нашим данным, прорастание семян происходит при определенной сумме накопленных положительных температур более +5°C, а именно 150°C.

2. Этап проростка. По времени длится 30-40 дней. Морфологически охватывает период от появления зародышевого корешка до разворачивания почки зачаточного побега и распускания хвои. Интенсивно растут гипокотиль и главный корень. Включает в себя фазы формирования проростка и семядольную. Интенсивное поглощение влаги проростком. Особое значение из внешних факторов, кроме влаги, тепла и аэрации, приобретает свет: в зеленых частях растения начинается фотосинтез. При довольно слабом развитии на данном этапе корневой системы в этот период не рекомендуется проводить прополки и рыхления, так как при вытаскивании из земли сорняков (особенно в теплице) образуются обширные полости воздуха, что приводит к усыханию проростка.
3. Этап сеянца первого года жизни включает в себя семядольную, хвоевую и заключительную фазы. Начинается с момента распускания хвои. Усиление потребления всходами биогенных элементов из почвы. С началом роста осевого побега активно начинает развиваться корневая система. Формирование ассимиляционного аппарата. Усиленное потребление элементов минерального питания. Закладывается верхушечная почка. Осеннее накопление сухого органического вещества и перераспределение пластических веществ между его вегетативными органами. Подготовка растения к перезимовке.

Для двухлетних сеянцев были выделены следующие этапы: хвоевая, переходная и корневая.

У сеянцев ели в начале вегетационного периода в массе растения преобладает хвоя прошлого года. По мере роста доля хвои текущего года увеличивается, растет хвоевой побег. В это время трогаются в рост боковые почки (переходная фаза). Позднее начинается интенсивное развитие корней очередного порядка, рост старых. Масса корней преобладает в массе сеянца. Двухлетние сеянцы отличаются от однолетних в физиологическом и экологическом отношении большей устойчивостью к факторам внешней среды, но более требовательны к наличию в почве элементов минерального питания.

РЕКОМЕНДАЦИИ

Выделенные этапы и фазы органогенеза позволяют подойти с обоснованными критериями к определе-

нию оптимальных приемов агротехники и сроков их применения. При этом необходимо помнить не об установлении жестких сроков проведения агроприемов, а о координации их со временем проявления наиболее характерных морфологических признаков фазы органогенеза растений. Принцип установления оптимальных сроков проведения основных приемов по фазам и этапам органогенеза одно- и двухлетних сеянцев хвойных пород показан на рис. В период прорастания семян фактором, определяющим активность ростовых процессов, является влага. По нашим наблюдениям, снегование и замачивание семян обеспечивают высокую интенсивность роста сеянцев, особенно на ранних этапах органогенеза. При отсутствии осадков важно своевременное проведение полива. В засушливые годы полив необходимо применять и в семядольную фазу, когда растение еще слабо укоренилось.

С появлением хвои усиливается потребление растениями элементов минерального питания из почвы. Начиная с этого периода, целесообразно проводить подкормки сеянцев минеральными удобрениями. Рыхления, улучшающие аэрацию почвы, необходимо проводить в периоды наиболее активного роста растений или в стрессовые периоды, когда растение наиболее чувствительно к экологической обстановке. Эти сроки устанавливаются в зависимости от этапа и фазы их органогенеза и времени наступления критических и кульминационных периодов роста растений.

Проведение уходов за сеянцами не по календарным срокам, а по морфологическим признакам позволяет повысить качество выращиваемых сеянцев без увеличения затрат и трудоемкости процесса выращивания.

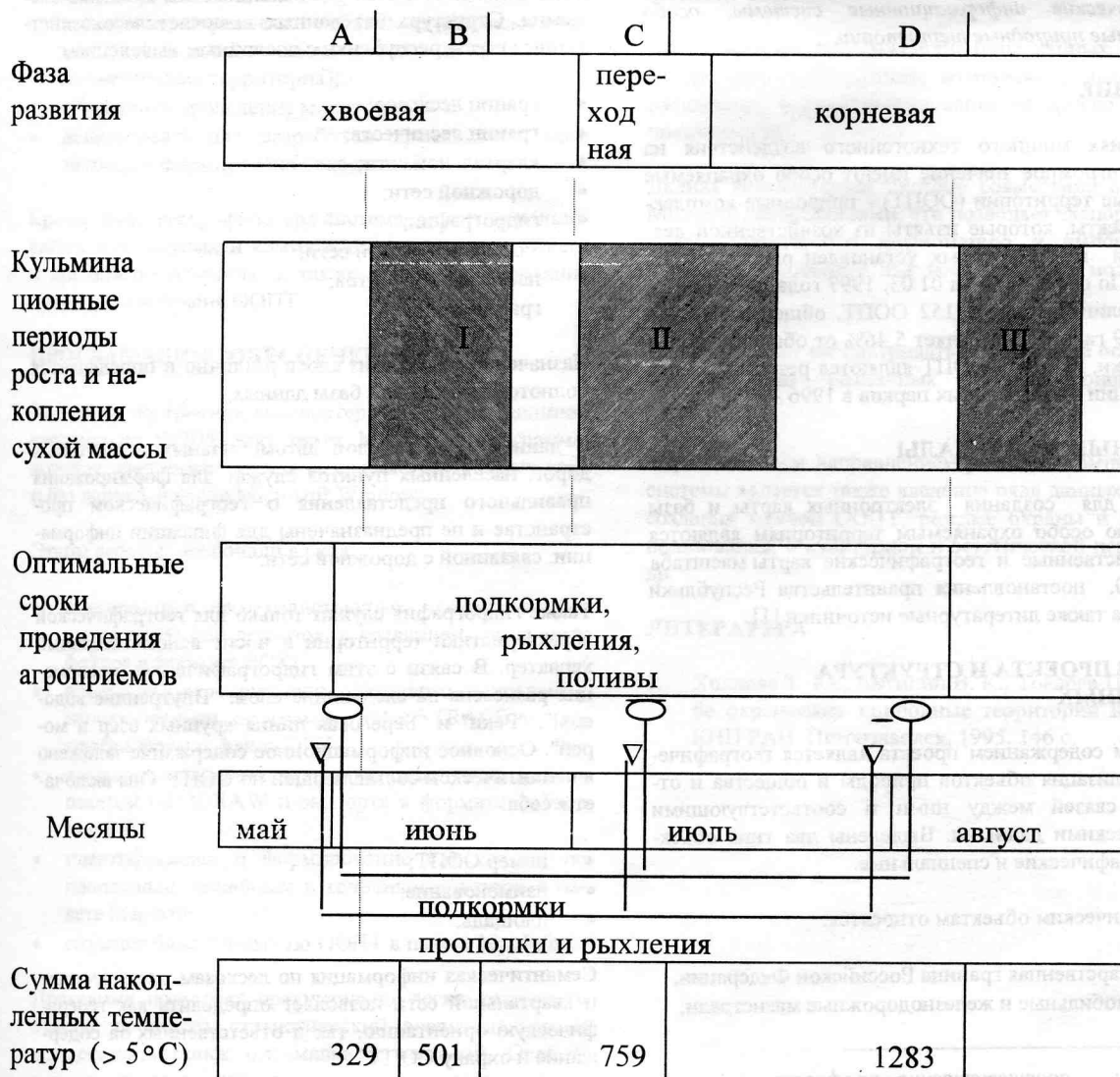


Рис. Схема проведения основных агротехнических уходов по морфологическим признакам для двухлетних сеянцев ели: А - распускание хвои; В - линейный рост стволика; С - образование и трогание в рост боковых почек; D - формирование верхушечных почек