

УДК 634.95

Статья

Закономерности роста и продуктивности лесных культур сосны на стадии индивидуального роста (1–6 лет)

Ольга И. Гаврилова^{1,*} и Виталий К. Хлюстов²

¹ Петрозаводский государственный университет, пр. Ленина 33, 185910 Петрозаводск, Россия; Email: ogavril@mail.ru

² Российский государственный аграрный университет, ул. Тимирязевская 49, 127550 Москва, Россия; Email: vitakhlustov@mail.ru

* Автор, с которым следует вести переписку; Email: ogavril@mail.ru; Tel.: +7(911)4120223; Fax: +7(8142)570326.

Получена: 4 июня 2013 / Принята: 18 июля 2013 / Опубликовано: 23 июля 2013

Аннотация: Рассматриваются вопросы формирования лесных культур сосны из контейнеризированных сеянцев (ПМЗК) по обработанной почве вырубок и без обработки. Опытные культуры были заложены в рамках международного проекта «Тайга – модельный лес» в трехкратной повторности и продолжались в течение 12 лет. Культуры были созданы в условиях старой заросшей вырубке сосняка зеленомошного свежего по подзолистым иллювиально-железистым супесчаным почвам ПМЗК, стандартными двухлетними сеянцами с открытой корневой системой и посевом. Было выяснено, что в течение первых 6 лет существенное значение имеет метод создания культур и способ обработки почвы. Культуры, созданные по обработанной почве ПМЗК, на 5 год имели высоту 1,35 м и сохранность 98%. Сохранность культур по необработанной почве составила 63%, их высота 0,8 м. Сохранность культур посевом оказалась 15–55% для посевного места, средняя высота 0,57 м. Культуры из сеянцев с открытыми корнями имели показатели, близкие к растениям с ПМЗК. Обоснована густота культур ПМЗК для южной Карелии 2500 шт./га. Через 10–12 лет после посадки вид посадочного материала и способ обработки почвы влияли на рост культур в меньшей степени, и различие между вариантами опыта стало менее существенным.

Ключевые слова: сеянцы; посевы; сосна; контейнеризированный посадочный материал; корневая система; вырубка; Республика Карелия

Article

Patterns of Growth and Productivity of Pine Plantations on Individual Growth Stage (1–6 years)

Olga I. Gavrilova ^{1,*} and Vitaly K. Khustov ²

¹ Petrozavodsk State University, Lenin av. 33, 185910 Petrozavodsk, Russia; Email: ogavril@mail.ru

² Russian State Agrarian University, Timirjazevskaia st. 49, 127550 Moscow, Russia; Email: vitakhlustov@mail.ru

* Author to whom correspondence should be addressed; Email: ogavril@mail.ru; Tel.: +7(911)4120223; Fax: +7(8142)570326.

Received: 4 June 2013 / Accepted: 18 July 2013 / Published: 23 July 2013

Abstract: This article discusses the formation of pine plantations established by planting of container seedlings on clear cuttings with and without soil scarification. Experimental plantations were laid down in the framework of “Taiga – Model Forest” international project in the Republic of Karelia in triplicate for each case and continued for 12 years. An old overgrown pine clear cuttings with fresh green moss on *podzolic illuvial iron-rich sandy loam* soils was planted by container seedlings, two-year bare-root seedlings and sowing. It was shown that forest regeneration material and soil preparation play important roles within the first 6 years. Five years’ pine plantations regenerated by container seedlings with soil scarification had 1.35 m average height and 98% survival rate, container seedlings without soil scarification had 0.8 m average height and 63% survival rate and sowings 0.57 m average height and 15–55% survival rate in the seed area. The bare-root seedlings had the same average height and survival rate as container seedlings. Substantiated density planting of container seedlings for Southern Karelia is 2500 seedlings per ha. After 10–12 years of planting the forest regeneration material and soil preparation influenced to a lesser extent the growth of the pine plantations and the difference between the options of experience has become less significant.

Keywords: seedlings; sowing seeds; pine; container seedlings; root system; clear cutting; Republic of Karelia

1. Введение

В практике лесовосстановления наблюдается тенденция уменьшения количества площади посадки с увеличением площадей посевов. Относительно богатые типы условий произрастания в среднетаежной зоне зачастую приводят к заглушению посевов, восстановлению на площади вырубок лиственных пород, часто порослевого происхождения. Несоблюдение требований к выкопке, транспортировке и хранению посадочного материала часто приводит к гибели лесных культур. В связи с этим возникла потребность в создании новых прогрессивных технологий выращивания посадочного материала, что отражено в ряде отечественных [1–19] и зарубежных публикаций [20–23].

Большое значение при лесовосстановлении имеет качество посадочного материала и степень подготовки почвы. В Республике Карелия за последние 10 лет появились четыре технологические линии по выращиванию посадочного материала с закрытой корневой системой (ПМЗК). Из выращиваемых ежегодно в питомниках Карелии 35 млн. шт. сеянцев около 30–35% составляет ПМЗК. Только благодаря применению этих сеянцев повысился процент приживаемости и сохранности лесных культур в отдельных лесничествах на 10–15% [19,24,25]. На территории ряда лесохозяйственных предприятий улучшилось их качество, в более ранние сроки стали проводить перевод культур в покрытую лесом площадь. В то же время имеется опыт с неудачными посадками. В последние годы появились сторонники способа создания лесных культур по необработанной механически почве. С этой точки зрения опыт создания лесных культур на старой 10-летней вырубке с обработанной ПДН-1 и неподготовленной (без обработки) почвой является также предметом нашего обсуждения.

2. Материалы и методы

Объектом исследования служила вырубка 1995 года соснового древостоя III класса бонитета по супесчаным почвам на территории Матросского учебно-опытного лесничества Пряжинского лесхоза Республики Карелия в рамках международного проекта «Тайга – модельный лес» [26] сотрудниками Петрозаводского государственного университета и Института леса КарНЦ РАН. Тип вырубки – вейниково-луговиковый, рельеф ровный. Степень задернения средняя. Проведение борозд осуществлялось через 3–4 м. В рассматриваемом случае подготовка (обработка) почвы была проведена с помощью покровосдирателя ПДН-1 и посадкой сеянцев в дно борозды. Исследуемые варианты закладывались в трехкратной повторности, площадью 0,5 га каждая. Шаг посадки – 0,7 м. Измерение комплекса показателей роста осуществлялось в первые 6 лет после посадки.

Изучались лесные культуры сосны, заложенные разными способами (четыре варианта):

- 1) культуры, созданные посадкой 1-летних сеянцев сосны с закрытой корневой системой, выращенных в теплице, с обработкой почвы;
- 2) культуры, созданные посадкой сеянцев сосны с закрытой корневой системой без обработки почвы;

- 3) культуры сосны, созданные посевом по обработанной почве;
- 4) культуры, созданные посадкой 2-х летних семян сосны с открытой корневой системой, выращенных в открытом грунте, по обработанной почве (контроль).

По 100 растений каждого варианта ежегодно в течение 6 лет выкапывались после окончания вегетационного периода (приблизительно после 15 октября). Учетные растения выбирались в случайном порядке, каждое десятое растение в рядах. У всех выкопанных растений определялись: высота стволика (H), длина главного корня (K_r) и хвои (X_b), диаметр корневой шейки (D). Измерялись суммарная длина и диаметры боковых корней 1–4 порядков, диаметр осевого побега на середине годового прироста, ширина хвоинок в наиболее широкой их части. Учитывались также число хвоинок (N_{xb}) и боковых корней (N_b) разных порядков. Линейные измерения проводились с точностью до 1 мм, измерения диаметров – до 0,1 мм.

При определении сезонного содержания влаги использовался весовой метод. 20 штук растений одного варианта, разделенные на части (корни, стволики, хвоя), взвешивались в свежем состоянии на аналитических весах. Для хвои определялся вес ста хвоинок. Образцы высушивались до постоянного веса в сушильном шкафу при температуре 105°C в течение 8–16 часов. Высушенные образцы снова взвешивались. Точность взвешивания – до 0,001 г.

На конец каждого сезона вегетации проводилась полная инвентаризация культур для оценки и сравнения приживаемости (сохранности) и отпада в различных вариантах создания лесных культур. Выполнялась она путем сплошного перечета для более точной оценки и в связи с небольшой площадью участков, с последующим пересчетом результатов на один гектар закультивированной площади. В культурах, созданных посадкой биогруппами, по диагонали участка на равном расстоянии друг от друга закладывались круговые пробные площадки, площадью 10 м^2 , затем результаты также переводились на один гектар.

Приживаемость (сохранность) определялась как отношение количества посадочных (посевных) мест с живыми растениями к общему количеству посадочных (посевных) мест в культурах, выраженное в процентах.

3. Результаты и обсуждение

3.1. Динамика роста культур по высоте и диаметру

Основные показатели стандартности культур в момент перевода их в покрытую лесом площадь – сохранность и высота. Приживаемость культур по необработанной почве оказалась в пределах 63%, по обработанной – 96%. С высотой тесно связан диаметр корневой шейки. Безусловно, эти показатели роста зависят от качества подготовки почвы, от них зависит дальнейший рост будущих деревьев-лидеров [7,8].

В течение первого года роста отмечались близкие показатели по высоте для всех категорий культур, и только высота посевов отставала от высоты посадок. Различия по высоте для однолетних культур, созданных разным видом посадочного материала с

обработкой и без обработки почвы, были недостоверны между культурами из растений с открытой корневой системой (ОКС) по обработанной покровосдирателем ПДН-1 почве и культурами из семян с закрытой корневой системой по необработанной почве. Рост стволиков в условиях южной Карелии начинается в конце мая – начале июня, когда среднесуточная температура воздуха превышает $+5^{\circ}\text{C}$ [9].

Посадки ПМЗК по обработанной почве преобладали по высоте над ОКС и посадками ПМЗК по необработанной почве в пределах 15–17%. Точность опыта была в пределах ± 3 –5% при изменчивости 25–30%.

Проведенное исследование показало, что средняя высота стволика сосны в посевах в течение пяти лет увеличилась от $3,4 \pm 0,1$ в 1-й год до $57,3 \pm 0,6$ см на 5-й. У посадок средняя высота выше, чем у посевов (от $13,9 \pm 0,4$ до $72,2 \pm 0,7$ см для ПМЗК и от $15,7 \pm 0,4$ до $135,2 \pm 1,5$ см для ОКС). Значительный рост в высоту у посевов отмечен на пятый год, у посадок — на четвертый и пятый год. У двухлетних посадок ПМЗК высота в среднем составила $23,8 \pm 0,5$ см, у посадок ОКС – $19,6 \pm 0,5$ см. При этом сказывался биологический возраст растений. Трехлетние культуры с закрытой корневой системой имели высоту $44,1 \pm 1,1$ см. Значительное увеличение высоты установлено у пятилетних посевов ($57,3 \pm 0,6$ см) и у посадок ПМЗК ($91,8 \pm 1,2$ см).

Начиная со второго года, появляется отставание в росте культур в высоте для варианта по необработанной почве. В течение последующих лет их отставание от посадок по обработанной почве составило: на второй год – 30%, на третий – 41%, на четвертый – 51%, на пятый – 42%, на шестой год – 42%. Таким образом, для лесных культур без обработки почвы наблюдается стабильное отставание в течение первых шести лет жизни (до 50% на четвертый год) от высоты культур, созданных по обработанной почве. На пятый и шестой годы это отставание несколько меньше.

Следует отметить, что посадки ПМЗК по необработанной почве отставали в росте и от посадок ОКС по обработанной почве: на второй год различие составило 25% от средней высоты культур из семян ОКС, на третий год – около 22%, на четвертый – 35%, на пятый год увеличилось до 40%, на шестой год составило 33%.

Различие в высоте культур, выращиваемых без обработки почвы, относительно культур, созданных посевом, менялось с 75% на первый год до 51% на второй, 40% – на третий, 32% – на четвертый и 25% – на пятый год. К шестому году разница по высоте посевов составила 19%. Таким образом, различия в росте культур этих двух вариантов уменьшаются со временем: посевы постепенно догоняют посадки по необработанной почве.

На основании проведенных работ можно с достаточной долей достоверности утверждать, что обработка почвы существенно влияет на рост культур в высоту. Вид посадочного материала безусловно влияет на рост лесных культур. Применение стандартных семян с открытой корневой системой в последние годы значительно уступило место применению посадочного материала с закрытой корневой системой, выращиваемого в течение одного года в условиях теплиц. В ряде случаев используются семена для создания культур по

обработанной почве. При исследовании роста таких культур было выяснено, что посадки ПМЗК имели некоторые преимущества по высоте: в первый год – около 15% в среднем, во второй – только 6%, в третий и четвертый годы преимущество составило уже около 31–32%. На пятый год посадки ОКС перестали отставать в росте по высоте; различие составило около 3%, что находится в пределах точности исследований.

Наиболее существенные различия наблюдались при сравнении посадок и посевов, что объясняется разным биологическим возрастом растений. Так, различие по высоте между культурами из семян с открытой корневой системой и посевами составило на первый год 77%, на второй – 63%, на третий – 54%, на четвертый – 69%, на пятый – 55%, на шестой – 46%. Увеличение различий на четвертый год показывает, что у культур сосны, созданных посадкой, к этому времени начинает стабильно увеличиваться прирост. У посевов увеличение прироста в высоту происходит позднее – на пятый или шестой год.

Для посадок существенным фактором, влияющим на рост сосны в высоту, является предварительная обработка почвы.

После высоты вторым по важности показателем роста и развития в первые годы жизни является диаметр корневой шейки. В первые годы жизни культур данные о диаметрах дают возможность более достоверно оценить рост посевов и посадок сосны [11,12]. Достаточно крепкий, хорошо одревесневший ствол лучше противостоит навалу травы.

По данным проведенного исследования у посевов наблюдается аналогичное резкое увеличение средней величины диаметра корневой шейки, как и для высоты стволика, на пятый год. В среднем диаметр корневой шейки таких культур увеличился от $1,4 \pm 0,1$ мм до $13,2 \pm 0,1$ мм.

Средняя величина диаметра корневой шейки составила для посадок ОКС от $3,65 \pm 0,08$ мм в первый год и до $20,4 \pm 0,3$ мм в пятый год. Для посадок ПМЗК - от $3,3 \pm 0,1$ мм до $30,9 \pm 0,6$ мм.

Изначально двухлетние сеянцы с открытой корневой системой имели большие диаметры, чем тепличные однолетние. Однако различие в росте саженцев по обработанной и необработанной почве повлияло на диаметр корневой шейки более существенно, чем вид посадочного материала. Влияние вида посадочного материала сказывалось только в первый год после посадки. Так, отставание от культур, созданных сеянцами с открытой корневой системой и закрытой по обработанной почве, для культур по необработанной почве составило: в первый год – 21% и 19%, на второй – 38%, на третий – 43% и 55%, на четвертый – 44% и 50%, на пятый – 49% и 56%, на шестой – 50% и 54% соответственно.

Стабильный прирост диаметра корневой шейки в течение пяти лет наблюдался у посадок ПМЗК по обработанной почве. В последний год прирост снизился, как и в культурах без обработки почвы. У посевов прирост по диаметру корневой шейки в первые два года роста был незначителен и увеличился на третий–пятый годы.

Взаимосвязь диаметра корневой шейки (Д, мм) с высотой культур (Н, мм) описывали регрессиями вида:

$$D = 0,0293 \cdot H^{0,9827}; R^2 = 0,983 \text{ с обработкой почвы,} \quad (1)$$

$$D = 0,0346 \cdot H^{0,932}; R^2 = 0,941 \text{ без обработки почвы,} \quad (2)$$

где R^2 – коэффициент множественной детерминации.

Наглядно связь высоты и диаметра сеянцев представлена на Рис. 1.

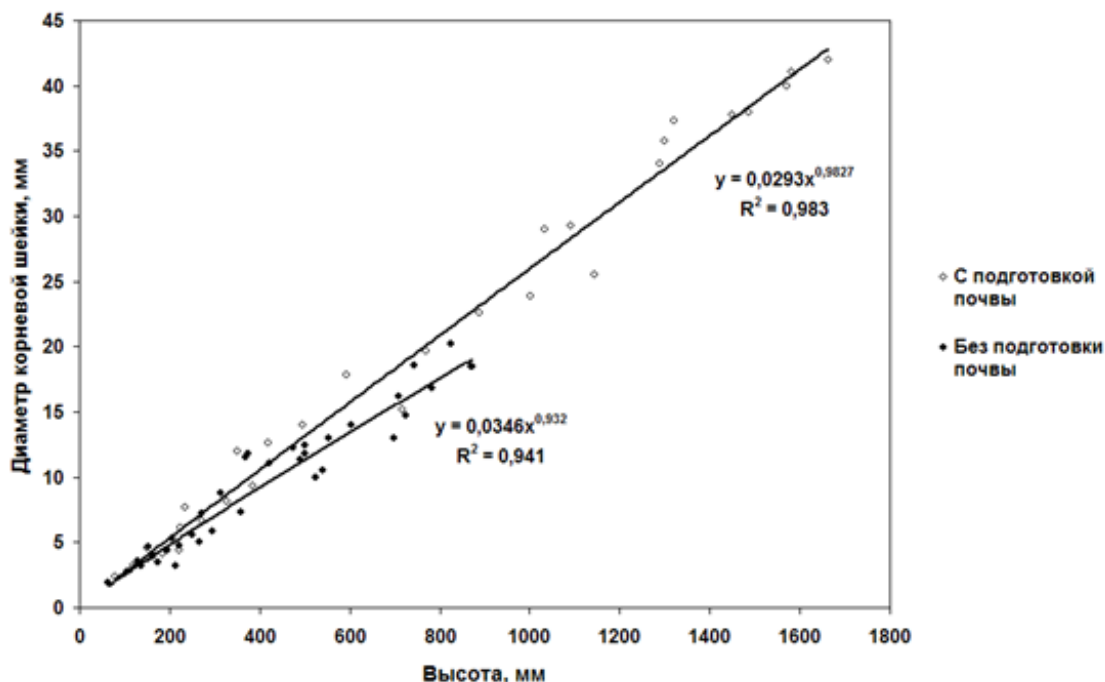


Рисунок 1. Взаимосвязь диаметра корневой шейки с высотой пятилетних культур сосны ПМЗК на площадях с обработкой и без обработки почвы.

Кроме этого, рассмотрена возрастная динамика взаимосвязи диаметра с высотой в первые пять лет роста. Учитывая наличие или отсутствие обработки почвы, были получены статистические модели вида (Рис. 2):

$$D = \exp(-1,9657 + 0,3149 \cdot \ln A + 0,1404 \cdot \ln^2 A + 0,6477 \cdot \ln H); \quad (3)$$

$$R^2 = 0,996; t = | 11,2; 4,8; 3,1; 18,6 | > t_{05} = 2,0 \text{ с обработкой почвы,}$$

$$D = \exp(-8,2250 + 0,2600 \cdot \ln^2 A + 0,6088 \cdot \ln H); \quad (4)$$

$$R^2 = 0,987; t = | 8,2; 7,4; 13,0 | > t_{05} = 2,0 \text{ без обработки почвы,}$$

где

A – возраст, лет;

t – критерий достоверности коэффициентов уравнения;

t_{05} – стандартное значение t -критерия на 5% уровне значимости.

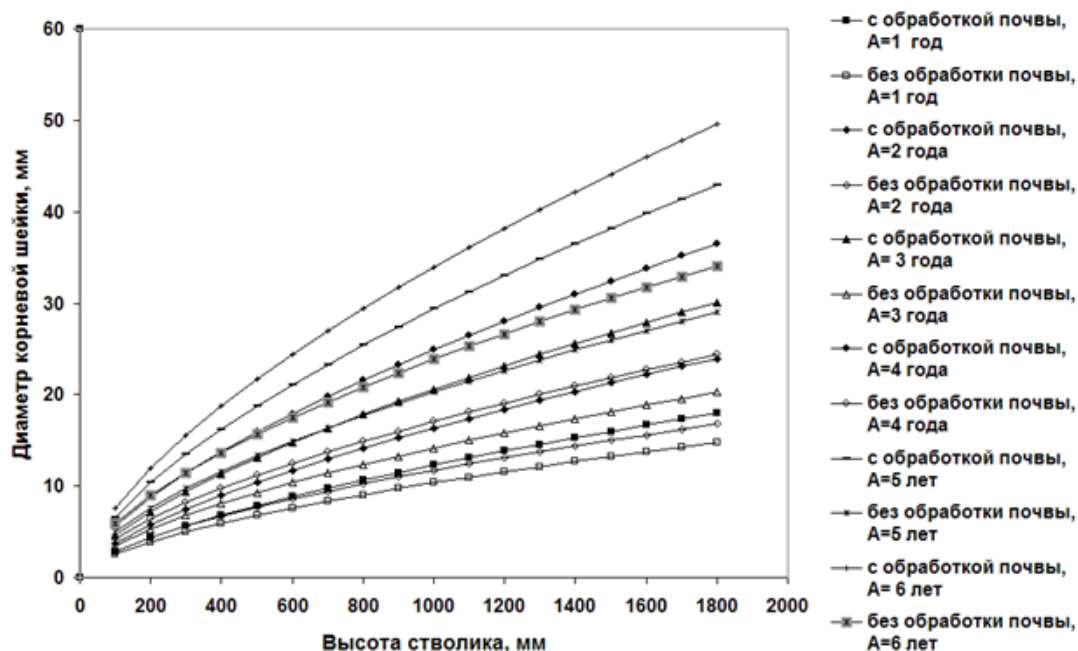


Рисунок 2. Взаимосвязь диаметра корневой шейки с высотой посадок ПМЗК по обработанной и необработанной почве по годам роста.

Степень развития ассимиляционного аппарата, выражаемая количеством хвоинок на побегах (N, шт.), тесно взаимосвязана с высотой лесных культур. Так, для обработанной почвы и посадки контейнеризированных семян эта зависимость выражается уравнением вида:

$$N = 0,1754 \cdot H^{1,5227}; R^2 = 0,921 \text{ с обработкой почвы,} \quad (5)$$

$$N = 0,9603 \cdot H^{1,0849}; R^2 = 0,949 \text{ без обработки почвы.} \quad (6)$$

Таким же образом, как при построении модели диаметра корневой шейки, были получены уравнения регрессии для подсчета площади хвоинок в связи с возрастом культур при различной высоте растений:

$$N = \exp(-0,5799 + 1,4522 \cdot \ln A - 0,7496 \cdot \ln^2 A + 1,2264 \cdot \ln H); \quad (7)$$

$$R^2 = 0,996; t = |1,4; 9,4; 5,8; 14,7| > t_{05} = 2,0 \text{ с обработкой почвы,}$$

$$N = \exp(0,7662 + 0,1550 \cdot \ln^2 A + 0,9094 \cdot \ln H); \quad (8)$$

$$R^2 = 0,957; t = |1,5; 1,9; 8,9| > t_{05} = 2,0 \text{ без обработки почвы.}$$

Для вариантов семян, выращиваемых с обработкой почвы, характерен неравномерный прирост по длине хвои в течение всех лет. Более стабильное увеличение этого показателя наблюдается у культур без обработки почвы. На четвертый год прирост уменьшается у семян всех вариантов.

Уже в конце первого сезона вегетации максимальную длину хвои имели культуры из контейнеризированных семян по обработанной почве. Однако максимального значения длина хвои достигла на третий год у посевов.

Кроме длины одной хвоинки анализировалась общая площадь ассимиляционного аппарата. Если принять за контрольный вариант изменение площади хвои у посадок ОКС, то площадь хвои посевов составляет на первый и второй годы роста 17%, на третий год – 20%, на четвертый год – 23%. Посадки ПМЗК имели существенно большую площадь хвои. Так, после первого года роста эта величина составляет у них 121% от культур, созданных сеянцами с открытой корневой системой, после второго года – 135%, после третьего – 194% и после четвертого – 201%.

Влияние обработки почвы на протяженность хвои культур также весьма велико. Так, для культур с обработанной почвой она была в 1,7 раза больше, чем у культур без обработки почвы после первого, в 4,6 раза – после второго и в 10,6 раз – после третьего года роста. На четвертый год начался более интенсивный прирост числа и длины хвои у варианта, выращиваемого без обработки почвы, однако разница была еще весьма существенной (5,8 раза). У посадок ОКС ширина хвои изменялась от $1,30 \pm 0,02$ мм до $1,69 \pm 0,01$ мм, ПМЗК – от $1,36 \pm 0,02$ мм до $1,66 \pm 0,01$ мм. На третий год у культур сосны в посадках происходит резкое увеличение значения ширины хвои, затем его снижение. У посадок ПМЗК – до $1,68 \pm 0,02$ мм, ОКС – до $1,68 \pm 0,02$ мм. У культур сосны в посевах эта величина наиболее стабильна и в среднем составляет от $1,27 \pm 0,02$ мм до $1,50 \pm 0,02$ мм.

При сравнении ширины хвои установлено, что у трехлетних ($1,48 \pm 0,02$ мм) и четырехлетних ($1,68 \pm 0,02$ мм) посадок ПМЗК этот показатель наиболее высокий. Наименьшие значения ширины хвои наблюдаются у посадок ОКС ($1,30 \pm 0,02$ мм и $1,39 \pm 0,02$ мм соответственно).

У трехлетних посевов ширина хвои составляет $1,40 \pm 0,02$ мм, у четырехлетних — $1,48 \pm 0,02$ мм, у пятилетних – $1,50 \pm 0,02$ мм. У пятилетних посадок ПМЗК происходит уменьшение ширины хвои ($1,62 \pm 0,02$ мм), посадок ОКС ширина хвои достигает $1,68 \pm 0,02$ мм.

Число хвои на побегах у посевных культур сосны составляет от 72 ± 3 до 1351 ± 16 штук. У посадок ОКС число хвои повышалось от 280 ± 13 до 2284 ± 56 штук.

Величина прироста общей протяженности ассимиляционного аппарата в разные годы для разных вариантов менялась также по-разному. Так, у посевов прирост имел максимальную величину на второй год роста, для культур из семян с закрытой корневой системой без обработки почвы – на четвертый, для культур из семян с открытой корневой системой он был максимальным на четвертый год при равном приросте в первые годы. Рост протяженности хвои ПМЗК по обработанной почве имел стабильный прирост длины хвои в течение всех лет наблюдения.

Произведение средней площади поверхности хвоинок для сеянцев с закрытой корневой системой на их количество позволило получить площадь поверхности ассимиляционного аппарата и выявить ее взаимосвязь с высотой и возрастом культур (Рис. 3).

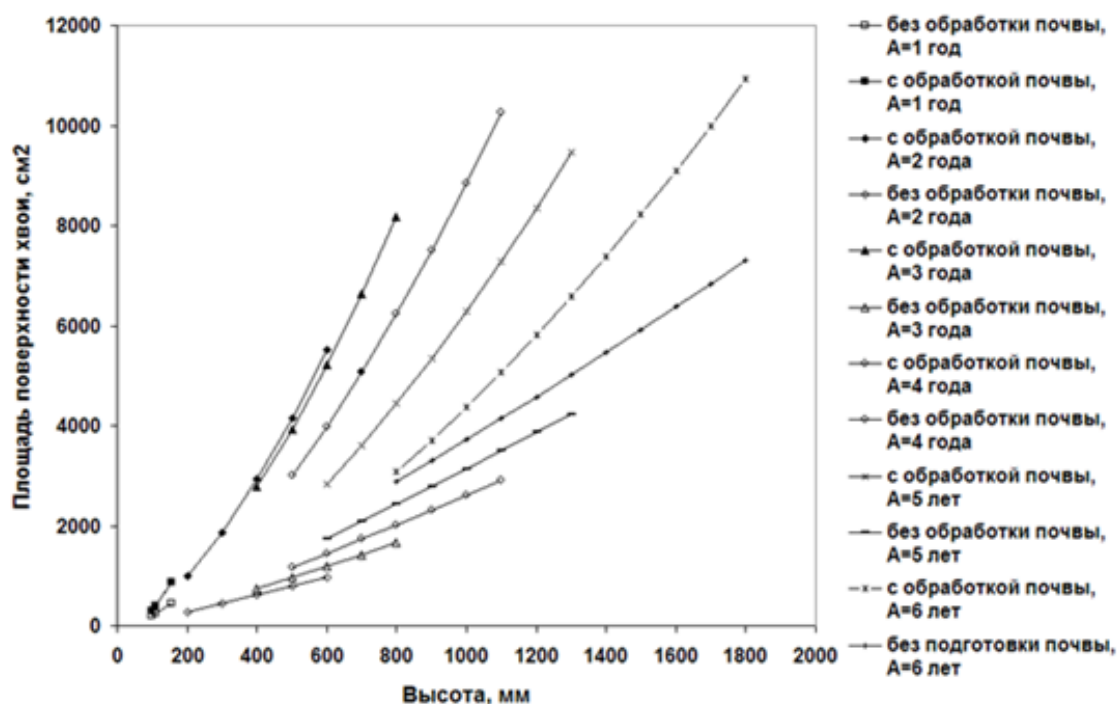


Рисунок 3. Взаимосвязь площади поверхности хвоинок с высотой культур сосны ПМЗК по обработанной и необработанной почве вырубки по годам роста.

Уравнение регрессии площади поверхности хвои культур сосны имеет вид:

$$S = \exp(-2,1409 + 1,9252 \cdot \ln A - 1,1529 \cdot \ln^2 A + 1,5597 \cdot \ln H); \quad (9)$$

$R^2 = 0,996$; $t = |4,3; 10,4; 7,5; 15,7| > t_{05} = 2,0$ по обработанной почве,

$$S = \exp(-0,5813 + 0,2752 \cdot \ln^2 A + 1,1463 \cdot \ln H); \quad (10)$$

$R^2 = 0,964$; $t = |1,9; 2,8; 9,2| > t_{05} = 2,0$ без обработки почвы,

где

S – площади поверхности хвои культур сосны, см²;

A – возраст культур, лет;

H – высота культур, мм.

Проведенное исследование показало равномерный рост ассимиляционного аппарата у культур сосны, созданных разными методами, в течение первых пяти лет вегетации. Посадки ПМЗК отличаются более развитой хвоей. У культур в посевах хвоя развивается медленнее и имеет наименьшие показатели роста в сравнении с культурами в посадках.

3.2. Динамика роста корневых систем культур сосны с обработкой и без обработки почвы

Длина главного корня для культур сосны имеет большое значение, поскольку наличие стержневого корня – одна из биологических особенностей этого вида. Однако после посадки корневые системы часто повреждаются, развитие идет за счет боковых корней. Успешность роста и развития лесных культур, особенно сосны с ее стержневой корневой системой, закладывается в течение первых лет жизни. Уже в период индивидуального роста [7] закладывается основа для формирования будущих деревьев-лидеров. При этом развитие корневых систем имеет определяющую роль [6]. Проявление хемотропизма может привести в ряде случаев к нарушению развития корневых систем культур и часто к их гибели [13]. Безусловно, развитие надземной и подземной частей растения происходит гармонично, и рост корневой системы связан с ростом надземной части. Поскольку основным показателем, доступным для визуального наблюдения, является высота растения (Н), был проведен анализ роста и развития корней ПМЗК в связи с ростом стволика. Так, рисунок 4, характеризующий рост главного корня (K_{Γ}), указывает на наличие довольно тесной взаимосвязи его длины с высотой.

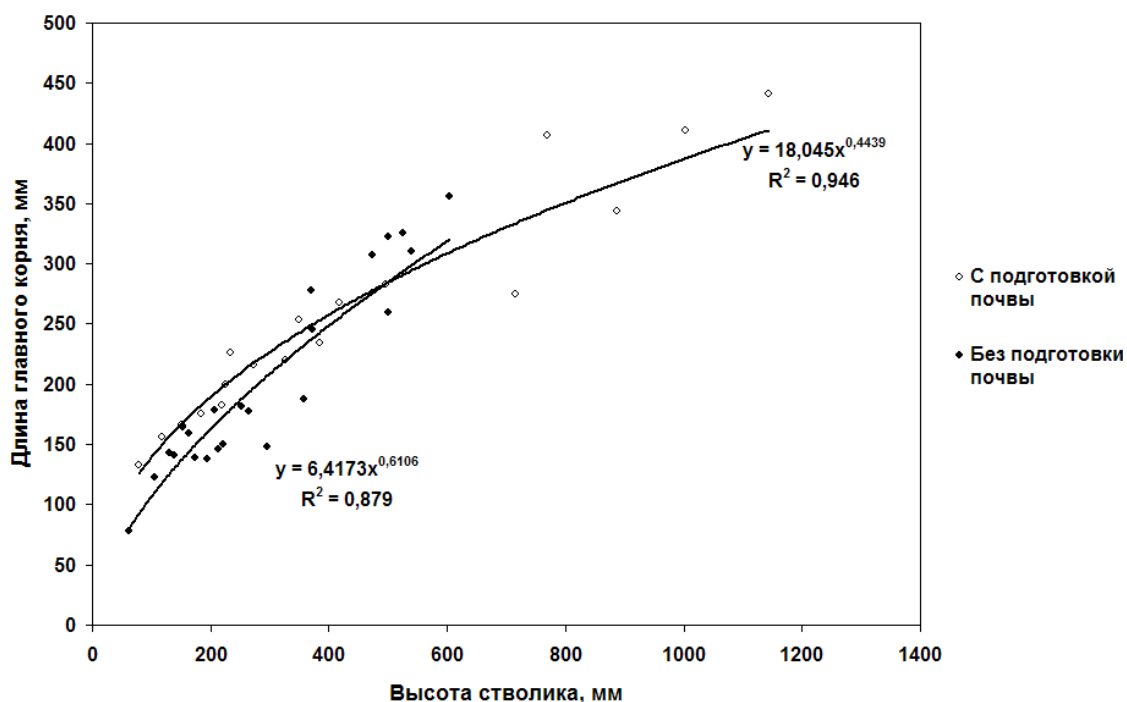


Рисунок 4. Взаимосвязь длины главного корня с высотой посадок ПМЗК в первые пять лет роста.

Рост корня в условиях обработанной почвы может быть описан уравнением аллометрической функции вида: $K_{\Gamma} = 18,045 \cdot H^{0,4439}$, а без обработки почвы: $K_{\Gamma} = 6,4175 \cdot H^{0,6106}$. Зная, что возраст (А) определяет длину главного корня, нами был проведен множественный регрессионный анализ для сеянцев с закрытой корневой системой и выявлена взаимосвязь

длины главного корня с возрастом и высотой стволиков. В результате проведенной работы составлены модели роста корней по обработанной ПДН-1 почве и без обработки (Рис. 4 и 5).

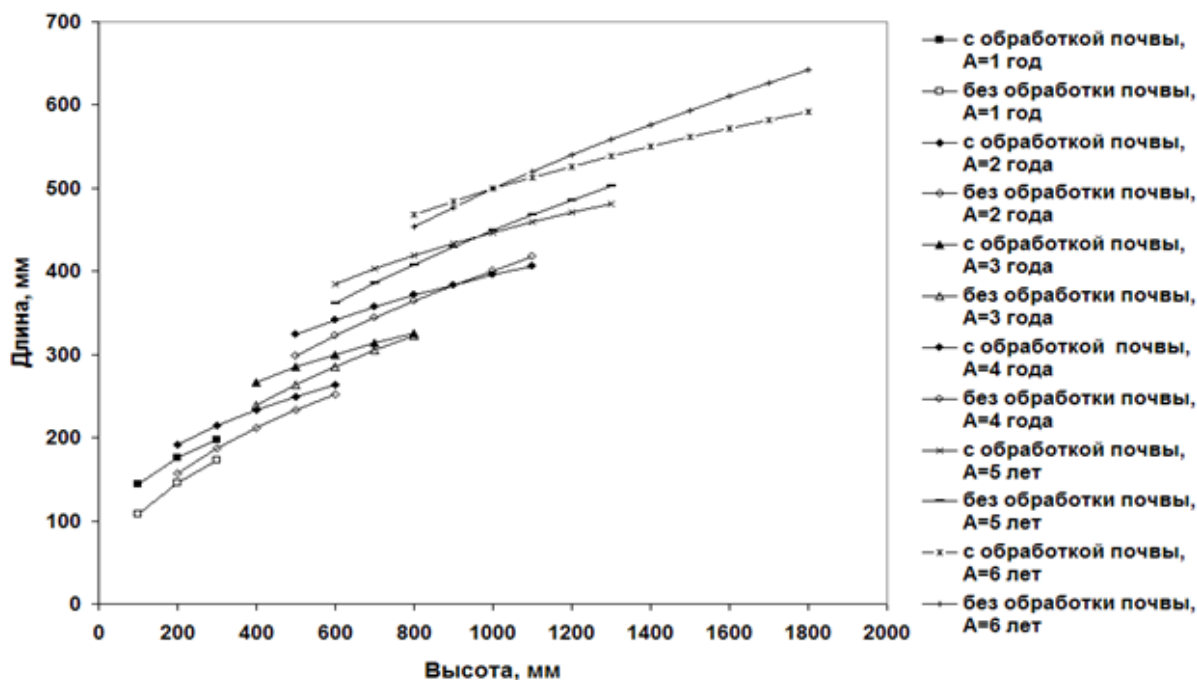


Рисунок 5. Взаимосвязь длины главного корня с высотой культур сосны с закрытой корневой системой, высаженных по обработанной и необработанной почве в первые пять лет роста.

Регрессии роста главного корня представлены уравнением вида:

$$K_{\Gamma} = \exp(3,6353 + 0,1805 \cdot \ln^2 A + 0,2892 \cdot \ln H);$$

$$R^2 = 0,975; F = 306,0 \text{ с обработкой почвы,} \quad (11)$$

$$K_{\Gamma} = \exp(2,7046 + 0,1697 \cdot \ln^2 A + 0,4289 \cdot \ln H);$$

$$R^2 = 0,951; F = 193,3 \text{ без обработки почвы,} \quad (12)$$

где F – критерий Фишера.

Замеры корней культур сосны для всех вариантов проводились до четырехлетнего возраста и показали, что главный корень в конце четвертого года имеет максимальное значение для культур из контейнеризированных семян с обработкой почвы. Его величина стабильно увеличивалась и достигла 41 см. Кроме того, хорошие показатели роста главного корня наблюдались у варианта культур из семян с открытой корневой системой также по обработанной покровосдирателем ПДН-1 почве (39 см).

Главный корень посадок ПМЗК без обработки почвы развивался медленнее и достиг величины 30 см. Посевы имели к концу четвертого года длину главного корня только 21 см.

Влияние вида посадочного материала сказывалось на росте главного корня следующим образом: к четвертому году преимущество культур из контейнеризированных семян составило 7%, в то время как до этого срока оно было у культур из семян с открытой корневой системой.

В то же время при сравнении роста главного корня с подготовкой и без подготовки почвы хорошо заметно преимущество саженцев по обработанной почве в течение всех лет исследований: на первый год – на 26%, на второй – 20%, на третий – 33%, на четвертый – 26%.

Способ создания культур влиял на развитие главного корня следующим образом: на первый год его длина у посевов была на 58% меньше длины корней семян с открытой корневой системой, на второй год – на 42%, на третий год – на 28%, на четвертый год – на 46%. Таким образом, на длину главного корня в первые годы роста в большой степени влияют способ создания культур, подготовка почвы и вид посадочного материала.

Величина годовых приростов по длине главного корня показывает, что они прирастали равномерно у лесных культур, созданных сеянцами по подготовленной почве. Корни культур из контейнеризированных семян без подготовки почвы имели значительный прирост на четвертый год. Таким образом, на прирост главного корня влияли как вид посадочного материала, так и подготовка почвы.

Рост главного корня определяется как качеством обработки почвы, так и глубиной залегания грунтовых вод, строением почвы и ее механическим составом. Однако количество боковых корней первого порядка, по данным [5,19], зависит от ежегодно образующейся длины главного корня.

Таким образом, основа корневой системы сосны закладывается в первые годы жизни. Увеличение числа боковых корней в большой степени влияет на успешность роста в высоту, особенно в первые годы после посадки. Пока число скелетных корней невелико, они выполняют, в основном, функцию всасывающих и обеспечивают водное и минеральное питание растения. Постоянная величина прироста боковых корней характерна для посевов, и число корней в варианте с посевами стабильно растет. Максимальное число боковых корней к концу четвертого года наблюдается у культур из семян с открытой корневой системой. Культуры из семян с закрытой корневой системой изначально имеют лучше развитую систему тонких всасывающих корней по сравнению с сеянцами ОКС. Эти корни после пересадки оставались в торфяном коме в течение первых двух лет, корневая система начинает активно осваивать окружающее пространство только на третий год. Именно в это время у вариантов с посадкой контейнеризированных семян количество боковых корней снижается, что, скорее всего, связано с уменьшением числа тонких всасывающих корней высших порядков, которые больше всего повреждаются при выкопке растений. В то же время прирост числа корней у всех культур в течение третьего года жизни был самым

маленьким, что, по-видимому, связано с неблагоприятным водным и воздушным режимом. В варианте культур из сеянцев с открытой корневой системой наблюдался максимальный прирост в течение второго года роста. По-видимому, в течение первого года жизни у таких растений идет регенерация корневых окончаний, а в течение второго года жизни идет рост числа корней. Для посадок ПМЗК нет периода регенерации корневых систем, зато есть период адаптации к условиям роста в открытом грунте, поэтому для этих вариантов характерно постоянное нарастание числа корней в течение всего периода роста.

Неспособность сосны образовывать придаточные корни в области корневой шейки, в отличие от ели, может привести к «вываливанию» лесных культур, если нарушены условия роста корневых систем. Большое значение имеет процесс формирования боковых корней для посадочного материала с закрытой корневой системой. Их общее количество (N_6) зависит от возраста культур (A , лет) и высоты сеянца (H , мм) и представлено регрессиями вида:

$$N_6 = \exp(-6,76005 + 1,1386 \cdot \ln A + 1,5812 \cdot \ln H); \quad (11)$$

$$R^2 = 0,998; F = 5215,2 \text{ при } P < 0,05 \text{ с обработкой почвы,}$$

$$N_6 = \exp(0,2424 + 0,6848 \cdot \ln A - 0,7532 \cdot \ln^2 A + 0,8943 \cdot \ln H); \quad (12)$$

$$R^2 = 0,944; F = 79,0 \text{ при } P < 0,05 \text{ без обработки почвы.}$$

Наглядно эти закономерности представлены на Рис. 6.

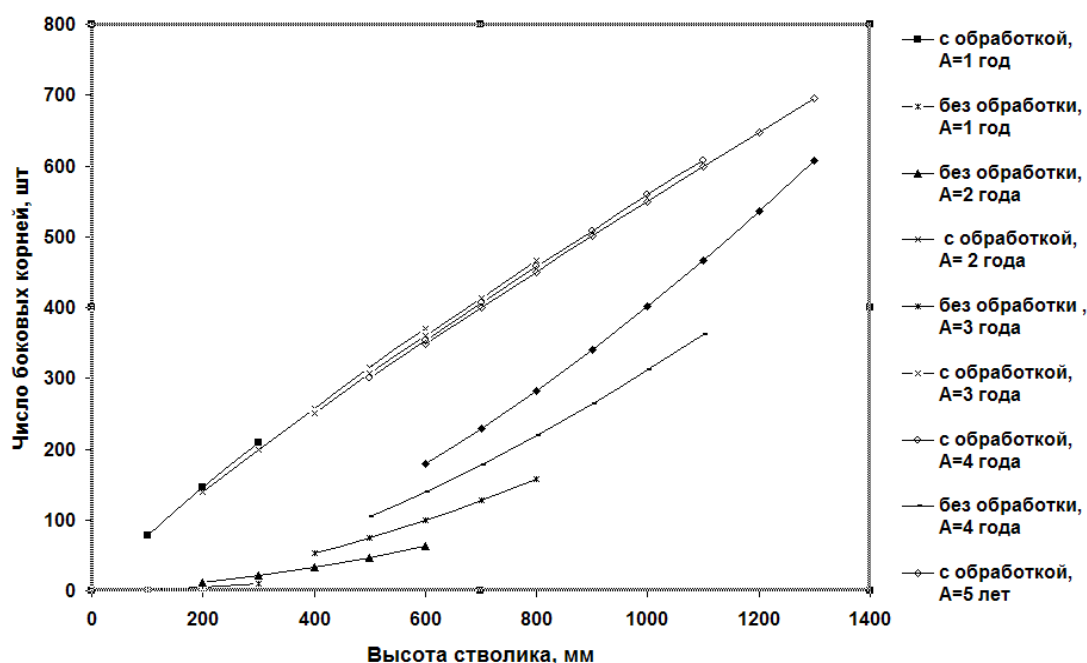


Рисунок 6. Взаимосвязь количества боковых корней с высотой культур сосны, высаженных с закрытой корневой системой с обработкой и без обработки почвы, в течение первых пяти лет роста.

Для успешного роста и развития растений необходимо регулярно наращивать объем корневых систем, и особенно мелких корней. Длина главного корня первого года жизни редко достигает величины более 40–45 см, поскольку на этой глубине на исследуемой площади располагается подзолистый горизонт. Для варианта с посевами характерно регулярное их нарастание, хотя величина прироста на четвертый год несколько снижается. Такая же картина наблюдается в варианте у культур сосны из семян с открытой корневой системой. Для посадок ПМЗК характерна большая стартовая величина длины корней, особенно тонких всасывающих корней последних порядков, в связи с их развитием в торфяном субстрате, который обеспечивает достаточное количество элементов минерального питания.

Для первого года роста максимальную длину корней имели посадки ПМЗК, которые превышали показатели роста для варианта семян ОКС на 53%. На второй год жизни наблюдался активный рост корневых систем в длину, и здесь большую величину прироста имели также культуры с закрытой корневой системой по обработанной почве. В течение третьего года наблюдается небольшой рост длины корней для всех рассматриваемых в работе культур. На четвертый год активно росли корни посадок ОКС и ПМЗК с обработкой почвы.

Взаимосвязь общей протяженности боковых корней с высотой контейнеризированных семян с обработкой и без обработки почвы представлена на Рис. 6, 7 и 8.

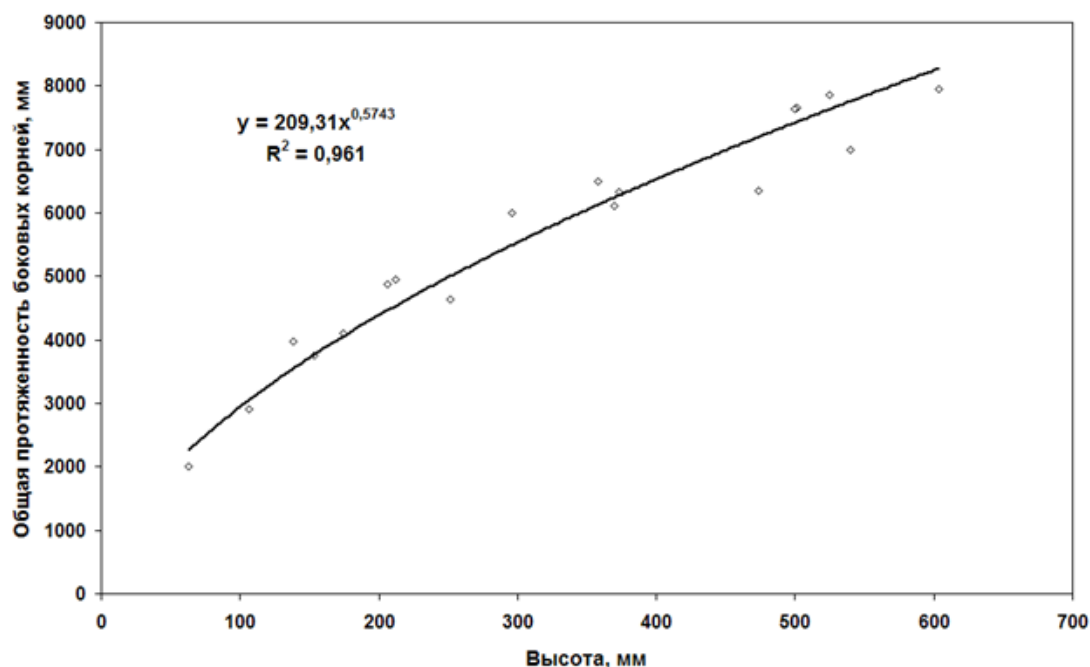


Рисунок 7. Взаимосвязь общей протяженности боковых корней с высотой культур сосны, высаженных с закрытой корневой системой без обработки почвы, в первые пять лет роста.

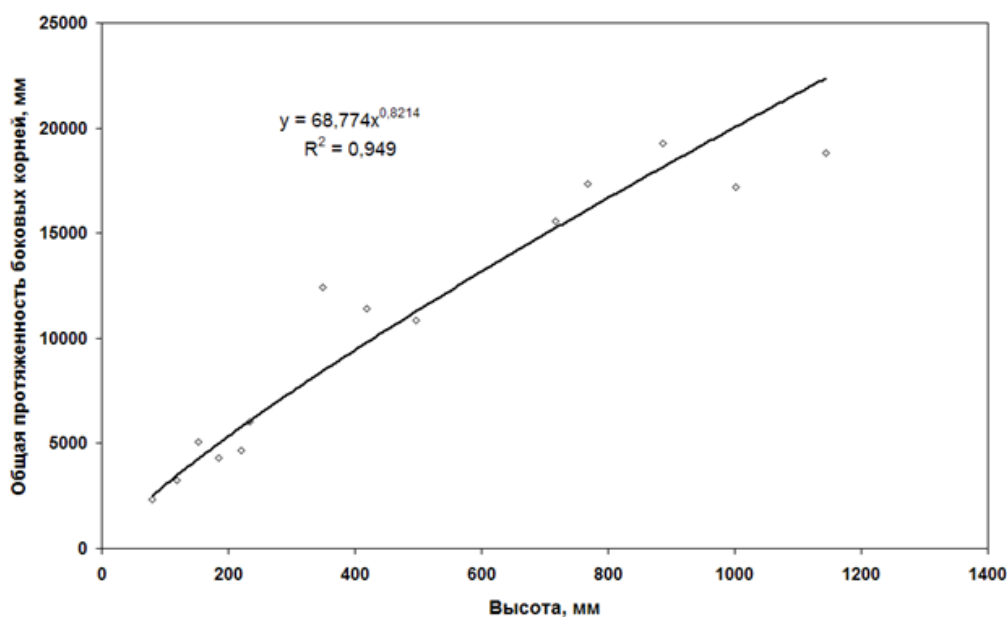


Рисунок 8. Взаимосвязь общей протяженности боковых корней с высотой культур сосны, высаженных с закрытой корневой системой с обработкой почвы, в первые пять лет роста.

Оценивая показатели роста лесных культур сосны за пять лет, можно говорить о том, что в большей мере на рост и развитие сосны оказала влияние обработка почвы, нежели вид посадочного материала. В течение всех лет достоверными на 5%-м уровне значимости были различия между показателями роста культур, высаженных с обработкой и без обработки почвы. Достоверность различий между культурами из семян с открытой и закрытой корневыми системами с обработкой почвы появляется на второй год и исчезает на пятый.

На основе полученных результатов исследований и проведенного анализа можно судить о том, что обработка почвы, по крайней мере в первые пять лет после посадки, оказывает значительное влияние на рост и развитие лесных культур сосны. Влияние вида посадочного материала выражено слабее.

Выявленные пространственно-временные соотношения в процессе роста молодых культур сосны позволили дать количественную оценку изменений надземной и подземной частей растений, высаженных с закрытой корневой системой.

На основании проделанной работы были получены теоретические модели формирования надземной части и роста корневых систем на стадии индивидуального роста культур. Очевидным при этом является вывод о необходимости предпосадочной обработки почвы для условий относительно богатых типов вырубков.

3.3. Возрастная динамика продуктивности культур сосны

В такой же степени, как биометрические показатели, весовые показатели отражают успешность роста культур. Для нормального роста и развития растениям необходим мощный ассимиляционный аппарат, где идет синтез органического вещества на построение новых

органов. В этой связи большое значение имеет масса ассимиляционного аппарата, особенно в течение первых лет жизни культур. На исследуемых культурах для разных вариантов масса хвои нарастала по-разному. Минимальные показатели массы хвои имели посеы, их масса составила на первый и второй годы 11%, на третий – 13%, на четвертый год – 15% от массы хвои посадок ОКС.

В течение всех лет роста максимальная масса хвои была у посадок ПМЗК с обработкой почвы. В конце первого года они имели массу хвои в размере 107% от массы хвои посадок ОКС, и 210% от массы посадок по необработанной почве. На второй год масса хвои посадок ПМЗК по обработанной почве составила около 137% от массы хвои контроля (посадки ОКС). На третий год они имели массу хвои почти в 2 раза больше, чем у растений контрольного варианта. Масса хвои культур ПМЗК без подготовки почвы составила 14% от контроля. На четвертый год роста опять преобладали по массе хвои посадки ПМЗК с обработкой почвы (204 % от контроля), а культуры без обработки почвы – 27%.

Обработка почвы оказала очень большое влияние на рост хвои. Так, масса хвои посадок без обработки почвы составляла на первый год роста 48% от растений по обработанной почве, на второй год роста – 14%, на третий год роста – 8% и на четвертый – 13%.

Для всех вариантов характерен значительный прирост по массе хвои на четвертый год, что может быть объяснено полной адаптацией растений к новым условиям роста, а также благоприятными условиями сезона.

Накопление массы стволиков показывает, насколько успешно идет накопление объема. Стволик выполняет проводящую и запасающую функции, что весьма важно для развития растения. В первый год после начала роста преобладала масса стволиков посадок ПМЗК по обработанной ПДН-1 почве.

Масса стволиков посевов была минимальной и составляла 5% от массы контрольной. Посадки ПМЗК по обработанной почве имели массу стволика на 19% больше контрольных, а культуры без обработки почвы на 34% меньше. Масса стволиков посевов на второй и третий года составила 12% от массы контрольного варианта, на четвертый – около 5%.

На четвертый год после посадки началось резкое увеличение массы стволиков во всех вариантах, особенно выраженное у культур ПМЗК по обработанной почве, среднее значение массы равно 125 г. На третий год они превышали по массе посадки контрольного варианта примерно в 2 раза, на четвертый год – уже более чем в 3 раза. Масса стволиков у посадок ПМЗК без обработки почвы была не намного больше массы посевов и составляла 8–50% от массы стволиков контрольного варианта.

При рассмотрении вопроса о влиянии обработки почвы на массу стволиков становится ясно, что оно существенно выше влияния вида посадочного материала. Так, масса стволиков посадок ПМЗК без обработки почвы составила на первый год около 56% от массы стволиков культур с обработкой почвы, на второй год – около 28%, на третий год – 13% и на четвертый – 11%. С возрастом наблюдалось уменьшение относительной массы стволика при общем накоплении его древесной массы. Накопление биомассы стволиков имело одинаковые

закономерности для растений всех вариантов, что говорит о большем влиянии биологии породы, нежели способа обработки почвы и вида посадочного материала. Основной прирост биомассы у растений всех вариантов наблюдался на четвертый год роста.

Накопление биомассы корней осуществлялось для разных вариантов практически с одинаковой закономерностью, отличаясь абсолютными значениями. Так, для всех лет роста характерно преобладание массы корней посадок ПМЗК по обработанной почве. Масса корней посевов существенно отличалась от массы корней культур контрольного варианта. Так, на первый год развития культур она составила 10% от массы корней посадок ОКС, на второй год – 13%, на третий – 15%, на четвертый год – 6%. Наблюдается увеличение разрыва между корневой массой посевов и посадок. Посадки ПМЗК по обработанной почве имели в первый год развития преимущество перед посадками ОКС в среднем на 3%. На второй год они уже превышали контроль на 4%, на третий год – на 16%, а на четвертый год их масса в среднем была в 2,6 раза больше.

Сравнивая развитие посадок ПМЗК с обработкой и без обработки почвы, видим, что их масса различается все существеннее. Так, на первый год роста масса корней культур по обработанной почве превышала массу корней культур без обработки почвы на 36%, на второй год – на 60%, на третий и четвертый годы – на 82% и 85% соответственно.

Разницы в темпах накопления биомассы корней различных вариантов практически нет, она увеличивается на второй и третий и еще более существенно – на четвертый год роста. Накопление корневой массы имеет одинаковые закономерности для различных вариантов культур, однако различия для абсолютных значений биомассы разных вариантов существенны.

Общая масса посевов имеет самые маленькие показатели, и это понятно, т. к. их биологический возраст меньше возраста всех остальных вариантов.

Таким образом, первые четыре года роста культур обработка почвы и метод создания культур имеют решающее значение для формирования общей массы растения. Прирост массы происходит также неравномерно по годам роста, причем во всех вариантах стабильно увеличивается с возрастом культур. На закономерности формирования массы оказывает влияние возраст культур, а на его абсолютную величину – метод создания культур и обработка почвы.

Следует отметить, что доля участия хвои, стволиков и корней в общей массе растения различна для разных вариантов. Так, для посевов масса хвои составляла в течение всех четырех лет роста 70–80% от общей массы. Масса стволиков после первого года роста составляла 8%, но, начиная со второго года, ее величина возрастает до 19%. За этот же период масса корней уменьшается с 18,5% до 6%.

За этот же период относительная масса хвои культур контрольного варианта (из семян с открытой корневой системой) уменьшается с 66% до 55%. Масса их стволиков возросла с 15% до 35% на четвертый год роста при уменьшении массы корней с 18% до 10%.

Примерно такие же закономерности наблюдаем для роста культур из брикетированных семян с подготовкой и без подготовки почвы. Относительная масса их стволиков возрастает с 20% до 40% от общей массы, масса хвои уменьшается в среднем на 20% и настолько же примерно – масса корней.

Таким образом, на закономерности формирования общей биомассы значительно влияет только метод создания культур, а на абсолютные значения биомассы – вид посадочного материала и обработка почвы.

3.4. Формирование корневых систем культур сосны, созданных по обработанной и необработанной почве вырубке

Строение корневых систем рассматривалось на примере четырех вариантов шестилетних лесных культур, созданных посевом и сеянцами с открытой корневой системой по обработанной почве, сеянцами ПМЗК по обработанной ПДН-1 почве и без обработки. Сопоставление строения корневых систем самосева и сосны в посадках ПМЗК, показывает значительные различия между ними. При сравнении строения корневых систем посевов и посадок ОКС, с посадками ПМЗК, также наблюдаются значительные различия. У посевов и сеянцев с открытой корневой системой боковые корни первого порядка, составляющие вместе со стержневым основу корневой системы, направлены в разные стороны и создают дереву надежную опору (Рис. 9 и 10). Из-за того, что посев и посадка проводились в дно борозды, наблюдается недостаточное развитие главного корня и направленное к поверхности почвы искривление боковых корней первого порядка. У контейнеризированных сеянцев после высадки растений корни первого порядка сначала продолжают рост в длину и по диаметру, но ниже изгиба, который обусловлен влиянием стенок контейнера, рост их замедляется и постепенно прекращается. Тем не менее, по мере роста в толщину изогнутых боковых и главного корней они постепенно срастаются между собой (Рис. 11). Хотя ряд авторов отрицает затрудненный выход корней за пределы корнезакрывающего кома в результате хемотропизма, в наших исследованиях, при использовании бумажных кассет для создания брикетов, когда оболочка кома не мешает росту корней, они также были деформированы. Таким образом, наличие «клубка» корней или образование «культы» – обычное явление в культурах, заложенных контейнеризированными сеянцами сосны, что подтверждается также данными других исследователей [15,16,19].

Особенно это заметно у лесных культур, выращиваемых без обработки почвы (Рис. 12). У сосны идет формирование новой, вторичной корневой системы. Но она, в отличие от ели, у сосны формируется из боковых корней второго и следующих порядков, появившихся до и после высадки растений. Однако, в отличие от первичной корневой системы горизонтальных боковых корней первого порядка, новая корневая система имеет неестественное, асимметричное строение.

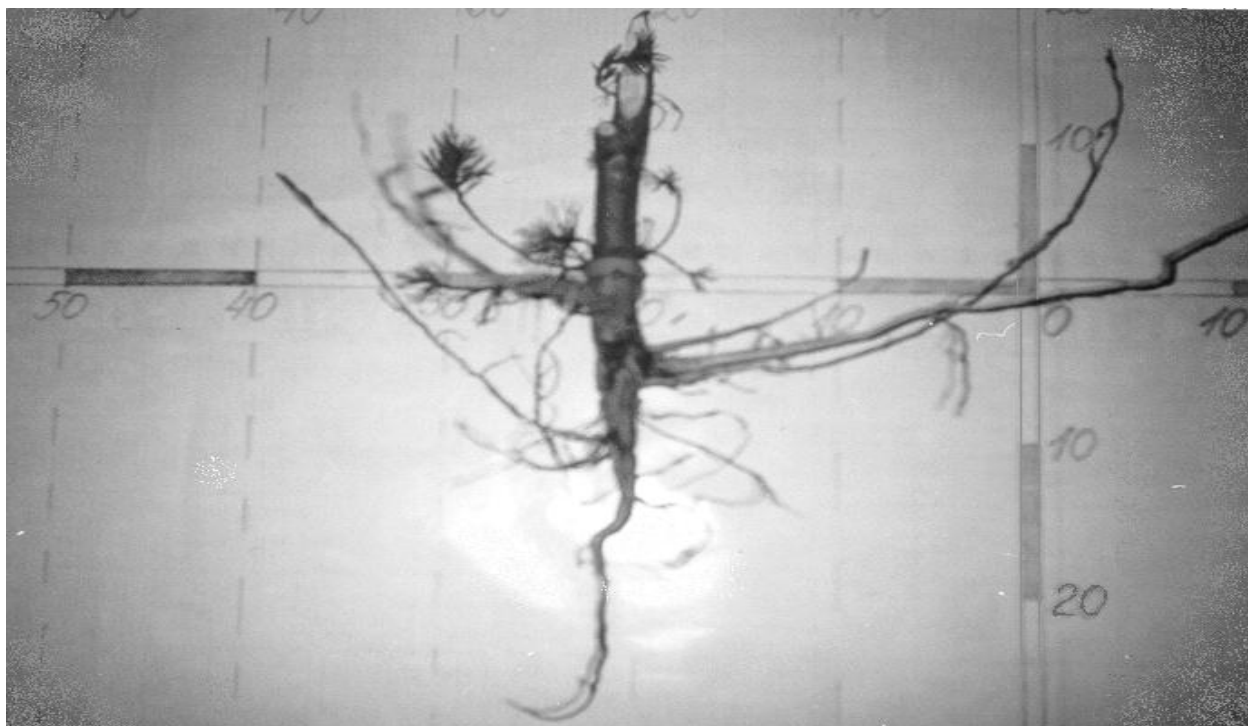


Рисунок 9. Строение корневой системы лесных культур сосны, созданных посевом по полосам, обработанным ПДН-1 [3].

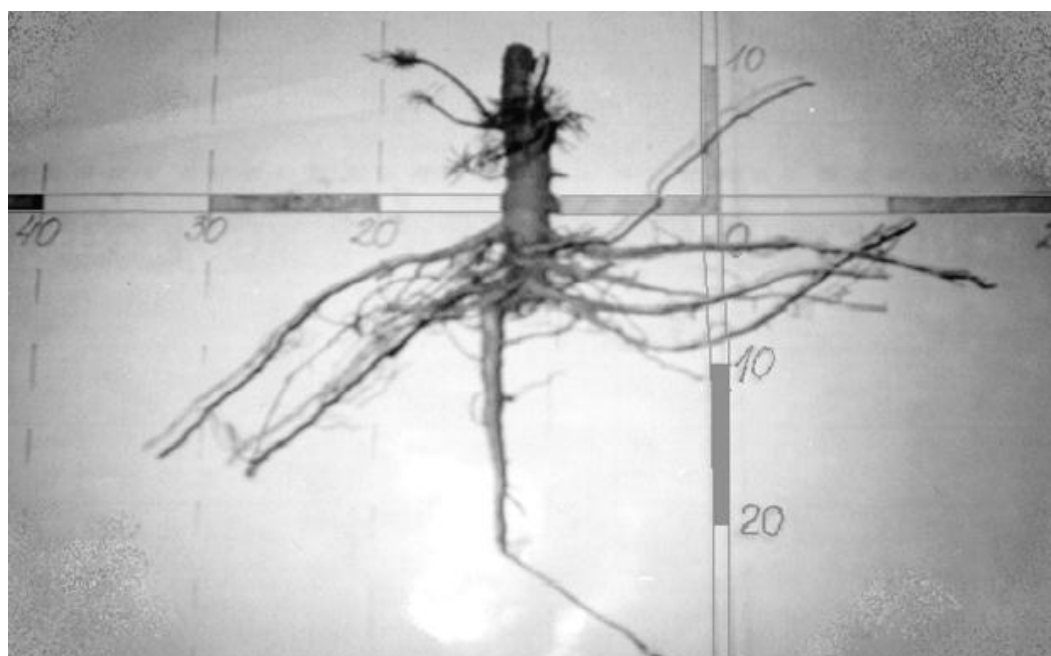


Рисунок 10. Строение корневой системы шестилетних культур сосны, созданных сеянцами с открытой корневой системой по полосам с обработкой почвы ПДН-1 [3].

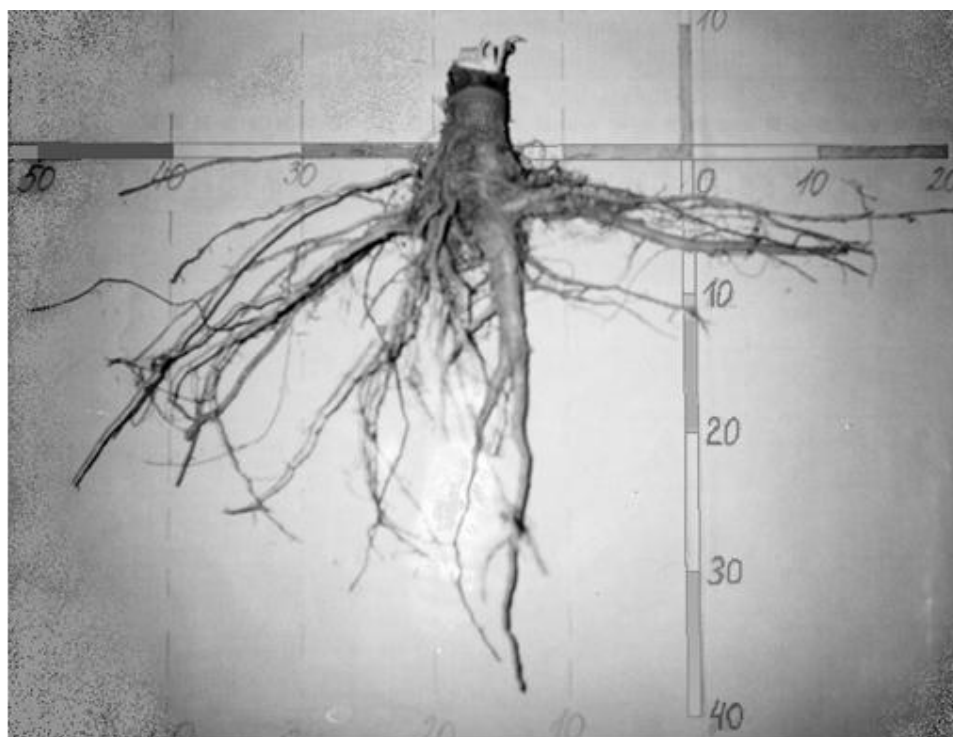


Рисунок 11. Строение корневой системы шестилетних культур сосны, созданных сеянцами с закрытой корневой системой по полосам с обработкой почвы ПДН-1 [3].

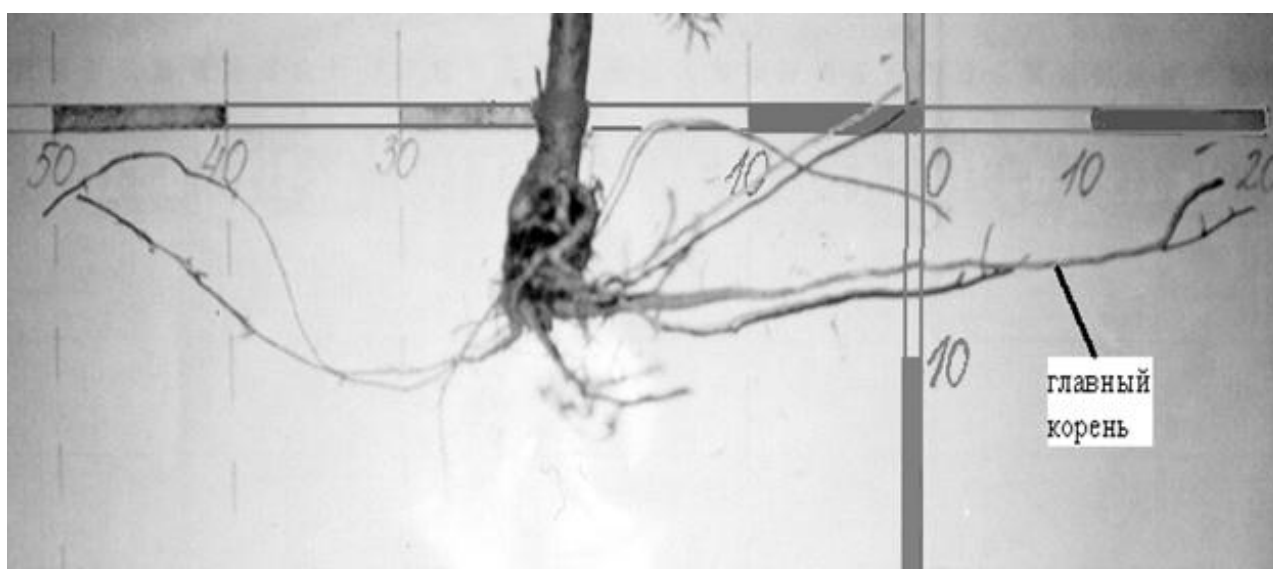


Рисунок 12. Строение корневой системы шестилетних культур сосны, созданных сеянцами с закрытой корневой системой без обработки почвы [3].

По мере вставания основания корней в древесину главного корня ориентация некоторых «касательных» корней улучшается, их роль в обеспечении механической устойчивости дерева возрастает [15].

Помимо боковых корней, в устойчивости дерева велика роль стержневого корня. Его нормальное развитие зависит от условий выращивания посадочного материала (размещение контейнеров на специальных подставках, обеспечивающих слой воздуха под ними) и от режима влажности почвы на лесокультурной площади.

Наиболее значимым условием развития у сосен главного корня является достаточная дренированность почв [5,15]. Можно также говорить о том, что на развитие главного корня и корневой системы в целом в значительной степени влияет обработка почвы. Так в нашем случае у лесных культур, созданных сеянцами с закрытой корневой системой, развитие корневых систем в значительной степени зависит от обработки почвы (см. Рис. 11 и 12). В варианте без обработки почвы стержневой корень фактически отсутствует: он направлен под прямым углом в сторону, и система боковых корней развита хуже, чем в варианте с обработкой почвы.

Таким образом, посевы и лесные культуры, созданные сеянцами с открытой корневой системой, имеют хорошо развитую систему боковых корней первого и последующего порядков. Главный корень у них развит недостаточно. В связи с тем, что гидрологические исследования на объекте не проводились, можно предполагать негативное влияние плотности почвы. У культур, созданных сеянцами с закрытой корневой системой с обработкой почвы, у основания стволика имеется «клубок» из переплетенных и сросшихся между собой корней. В то же время у этого варианта четко видны главный корень и сильно развитая система боковых корней. У варианта без подготовки почвы сильно выражен «клубок» из корней у основания стволика, система боковых корней практически отсутствует. Подобная корневая система может развиваться при подтоплении грунтовыми водами, увеличением плотности почвы или бедностью нижележащего почвенного горизонта.

Вышесказанное свидетельствует о том, что на развитие корневой системы в значительной степени влияет не только вид посадочного материала, но и подготовка почвы, а также способ посадки. Несмотря на то, что тип условий произрастания и почвы, дренированность участков для всех вариантов были приблизительно одинаковыми, более развитую корневую систему имели растения, выращенные с обработкой почвы.

При дальнейшем росте культур структура корней менялась незначительно. Корни посевов сосны 11 года роста были развиты достаточно гармонично, хорошее развитие имели как главный корень, так и боковые корни первых порядков (Рис. 13). Для культур, созданных посадкой сеянцев с открытой корневой системой, к 11 году роста также произошло равномерное развитие вертикальных и горизонтальных структур (Рис. 14). Для корневых систем ПМЗК на 11 год роста явно выраженные корни с вертикальной направленностью наблюдались редко, хорошее развитие имели только боковые корни первых порядков. Сформировавшиеся в первые годы «культи» в ряде случаев так и не смогли в будущем дать начало росту главного корня (Рис. 15). Развитие корневых систем сеянцев, высаженных по необработанной почве, показало практически полное отсутствие главного корня (Рис. 16).



Рисунок 13. Строение корневой системы одиннадцатилетних культур сосны, созданных посевом семян по обработанной ПДН-1 почве (фото Гавриловой О.И.).



Рисунок 14. Строение корневой системы одиннадцатилетних культур сосны, созданных сеянцами с открытой корневой системой по полосам с обработкой почвы ПДН-1 (фото Гавриловой О.И.).



Рисунок 15. Строение корневой системы одиннадцатилетних культур сосны, созданных сеянцами с закрытой корневой системой по полосам с обработкой почвы ПДН-1 (фото Гавриловой О.И.).



Рисунок 16. Строение корневой системы одиннадцатилетних культур сосны, созданных сеянцами с закрытой корневой системой без обработки почвы (фото Гавриловой О.И.).

Таким образом, на основании исследований был сделан вывод о необходимости проведения обязательной обработки почвы при создании культур из ПМЗК в условиях зеленомошных типов условий местопроизрастания.

4. Заключение

1. Культуры сосны, созданные сеянцами ПМЗК, имеют приживаемость 98–99%, сохранность 92–95% на 3 и 5 год. В первые пять лет вегетации они показывают успешный рост по высоте ($H_{cp} = 135,2 \pm 1,5$ см), хорошо развитый ассимиляционный аппарат (среднее число хвоинок 5055 ± 130 шт., их средняя длина $5,9 \pm 0,1$ см и ширина $1,7 \pm 0,1$ мм), корневая система (средние показатели диаметра корневой шейки $30,9 \pm 0,6$ мм; длины боковых корней $1460,0 \pm 21,8$ см, числа корней 366 ± 11 шт.) приводят к интенсивному накоплению надземной и подземной массы растений.

2. Культуры сосны, созданные сеянцами с открытой корневой системой, отличаются более низкой сохранностью (92–95% на 3 и 5 годы) и умеренным ростом в первые 3 года вегетации. Регенерация корневой системы после посадки обуславливает медленное накопление массы надземной и подземной частей растений. Лишь к 4-му и 5-му вегетационному периоду у культур проявляется более высокий прирост по высоте ($72,2 \pm 0,7$ см к 5 году) и диаметру корневой шейки ($20,3 \pm 0,3$ мм).

3. Культуры сосны в посевах имеют разную сохранность на 5 год (от 15% до 55% на площадке) в зависимости от приживаемости в год посева, отличаются замедленным ростом в течение пяти лет вегетации. Лишь на пятый год у оставшихся в посевном месте растений начинает проявляться устойчивый прирост как надземной, так и подземной части.

4. Рост и развитие лесных культур сосны из ПМЗК на стадии индивидуального роста по обработанной покровосдирателем ПДН-1 и необработанной почве показал существенное превосходство первого варианта, при этом максимальная высота культур к шестому году ($160,1 \pm 1,3$ см) в два раза выше, чем второго варианта ($80,1 \pm 0,8$ см), максимальный диаметр корневой шейки соответственно равен $42,0 \pm 0,3$ мм и $18,0 \pm 0,1$ мм. Аналогичное преимущество варианта с обработкой почвы проявляется в закономерностях изменения числа хвоинок и площади поверхности хвои в целом, а также числа боковых корней и длины главного корня от возраста и высоты стволиков растений.

5. При создании лесных культур после вырубki древостоев в сосняках, ельниках и березняках черничных предпочтение следует отдавать посадочному материалу с закрытой корневой системой. При этом густоту посадки культур сосны можно снизить до 2500 шт./га, отказаться от агротехнических уходов за культурами, так как они имеют высокую сохранность, успешно конкурируют по высоте с травянистой растительностью вырубok.

6. При создании лесных культур сосны ПМЗК с обработкой почвы у растений формируется разветвленная корневая система с явно выраженным стержневым корнем. В культурах сосны без обработки почвы главный корень отсутствует, а боковые корни не в состоянии образовать мощную корневую систему.

7. При создании культур сосны посадочным материалом с открытой корневой системой с обработкой почвы густота посадки должна быть не менее 3000 шт./га с обязательным проведением агротехнических уходов на 2-й и 3-й год после посадки. При соблюдении правил транспортировки, прикопки и посадки эти культуры имеют удовлетворительную сохранность и рост.

8. Создание культур посевом после рубки древостоев не рекомендуется, так как эти культуры испытывают регулярное угнетение со стороны травянистой растительности и естественного возобновления лиственных пород, что требует дополнительных затрат на проведение агротехнических уходов.

9. Перевод культур сосны, создаваемых из ПМЗК в покрытые лесом земли, целесообразно проводить в возрасте 5–6 лет. Это требует пересмотра нормативов определения класса качества таких культур, поскольку при применении ПМЗК рекомендуемая начальная густота оказывается меньше указанной в ОСТе 56-99-93 «Лесные культуры. Оценка качества» для культур 1-го класса.

10. Первый лесоводственный уход в культурах сосны с примесью естественного возобновления лиственных пород следует проводить на 5–6 год. Более позднее проведение осветления не желательно. В чистых сомкнутых культурах сосны первое разреживание следует проводить в возрасте 20 лет, что соответствует возрасту кульминации текущего прироста по средней высоте древостоев.

Литература

1. Gavrilova O., Yurjeva A. Prospects for artificial regeneration in Karelia // Social suitability of forestry in northern Europe: research and education. – Copenhagen, 2001. – С. 17–24.
2. Гаврилова О.И. Кищенко И. Т. Влияние минеральных удобрений на рост культур *Pinus silvestris* на песчаных почвах южной Карелии // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2004. – № 6. – С. 12–19.
3. Гаврилова О. И., Юрьева А. Л. Рост лесных культур в условиях юга Карелии // Resources and Technology. – 2005. – № 5. – С. 23–30. – До 2012 г. загл. Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ.
4. Гаврилова О.И., Леонтьева Э.А. О соотношении средних высот культур сосны и примеси березы на вырубках Карелии // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2011. – № 4 (117). – С. 64–67.
5. Жигунов А.В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой. СПб.: СПбНИИЛХ, 2000. – 294 с.
6. Жигунов А.В. Посадочный материал с закрытой корневой системой // Лесное хозяйство. – 1995. – №4. – С. 33.
7. Маслаков Е.Л. Формирование сосновых молодняков. М.: Лесная промышленность, 1984. – 165 с.
8. Посадочный материал с закрытой корневой системой / Е.Л. Маслаков, П.И. Мелешин, И.М. Извекова. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 143 с.
9. Кищенко И.Т. Влияние температуры воздуха на сезонный рост побегов у некоторых видов рода *Abies* (*Pinaceae*) в условиях интродукции // Экология. – 2000. – № 5. – С. 390–392.

10. Морозова И.В., Гаврилова О.И. Закономерности роста лесных культур сосны на начальных стадиях роста (1-5 год) на вырубках южной Карелии // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2011. – №2 (115). – С. 75–78.
11. Набатов Н.М. Динамика живого напочвенного покрова и его влияние на рост культур сосны // Ботанический журнал. – 1964. – Т. 49. – №5. – С. 669–677.
12. Набатов Н.М. Этапы формирования соснового леса после сплошных рубок и лесовосстановления // Динамическая типология леса. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 144–156.
13. Жигунов А.В., Козлова Т.И. О хемотропизме корневых систем при создании лесных культур саженцами "Брикет" // Роль науки в создании лесов будущего. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1981. – С. 77.
14. Извекова И.М. О развитии корневой системы контейнеризированных сеянцев сосны и ели в культурах // Восстановление и мелиорация лесов Карелии. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1982. – С. 61–63.
15. Извекова И.М. Особенности развития корневой системы сосны в культурах, созданных сеянцами с закрытой корневой системой // Технология создания и экономические аспекты выращивания лесных культур. – СПб.: СПбНИИЛХ, 1992. – С. 139–143.
16. Хлюстов В.К., Гаврилова О.И., Морозова И.В. Лесные культуры Карелии (Этапы раннего возраста). – М.: ФГОУ ВПО РНАУ - МСХА им. Тимирязева, 2007. – 223 с.
17. Хлюстов В.К., Гаврилова О.И., Морозова И.В. Рост культур сосны в конкурентных отношениях с живым напочвенным покровом рубок // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – Вып. 2. – 2010. – С. 27–34.
18. Юрьева А.Л. Рост и развитие лесных культур в экосистеме вейниково-луговиковых рубок Карелии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Петрозаводск: Петрозаводский гос. ун-т, 2007. – 16 с.
19. Юрьева А.Л., Гаврилова О.И., Хлюстов В.К. Динамика формирования надземной части культур сосны в период ранней диагностики // Resources and Technology. – 2008. – № 7. – С. 149–151. – До 2012 г. загл. Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ.
20. Burdett A. N. New methods of measuring root growth capacity: their value in assessing lodge pole pine stock quality // Canadian Journal of Forest Research. – 1979. – Т. 9. – С. 63–67.
21. Mattsson A. Root Growth Capacity and Field Performance of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* Seedlings // Scandinavian Journal of Forest Research. – 1991. – Т. 6. – № 1–4. – С. 105–112.
22. Heiskanen J., Rikala R. Influence of different nursery container media on rooting of Scots pine and silver birch seedling after transplanting // New Forests. – 1998. – Т. 16. – № 1. – С. 27–42.
23. Partanen J., Beuker E. Effects of photoperiod and thermal time on the growth rhythm of *Pinus sylvestris* seedlings // Scandinavian Journal of Forest Research. – 1999. – Т. 14. – № 6. – С. 487–497.
24. Юрьева А.Л., Гаврилова О.И. Опыт выращивания лесных культур *Pinus sibirica* в условиях южной Карелии // Resources and Technology. – 2012. – № 9. – С. 68–71. – До 2012 г. загл. Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ.
25. Гаврилова О. И., Хлюстов В.К. Рост и продуктивность сеянцев ели европейской разных сроков посева // Resources and Technology. – 2008. – № 7. – С. 21–25. – До 2012 г. загл. Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ.
26. Модельный лес "Тайга" / Т. Колстрем, Т. Лейнонен // Модельные леса в России: Опыт и перспективы будущего: Материалы международного семинара, состоявшегося в Петрозаводске, Россия, июнь 1999 г. – Йёнсуу: Университет Йёнсуу, Финляндия, 1999. – С. 123–134.

References

1. Gavrilova, O., Yurjeva, A. 2001. Prospects for artificial regeneration in Karelia. In Social suitability of forestry in northern Europe: research and education. Copenhagen, Denmark, pp. 17–24.
2. Gavrilova, O.I., Kischenko, I.T. 2004. Influence of mineral fertilizers on *Pinus silvestris* seedling growth on sandy soils in southern Karelia (In Russian). *Forest Journal* 6: 12–19.
3. Gavrilova, O.I., Yurjeva, A.L. 2005. Scots pine growth in the south of Karelia. *Resources and Technology* 5: 23–30.
4. Gavrilova, O.I., Leontieva, E.A. 2011. Correlation for medium height pine crops and birch trees on clear cuttings of Karelia (In Russian). *Proceedings of Petrozavodsk State University. Natural and Engineering Science* 4(117): 64–67.
5. Zhigunov, A.V. 2000. Theory and practice of growing containerized seedlings (In Russian). Saint-Petersburg Forest Research Institute, Saint-Petersburg, Russia, 294 p.
6. Zhigunov, A.V. 1995. Containerized planting material (In Russian). *Forestry* 4: 33.
7. Maslakov, E.L. 1984. Formation of pine young stands. Forest Industry, Moscow, Russia, 165 p.
8. Maslakov, E.L., Meleshin, N.P., Izvekova, I.M. 1981. Containerized planting material. Forest Industry, Moscow, Russia, 144 p.
9. Kishchenko, I.T. 2000. Effect of temperature on the seasonal growth of the shoots in some species of the genus *Abies* (*Pinaceae*) in the conditions of introduction (In Russian). *Ecology* 5: 390–392.
10. Morozova, I.V., Gavrilova, O.I. 2011. Reforestation problems of pine forests five years after seed' bedding and seedlings' planting in logged areas of southern Karelia (In Russian). *Proceedings of Petrozavodsk State University. Natural and Engineering Science* 2(115): 75–78.
11. Nabatov, N.M. 1964. Dynamics of living ground cover and its effect on the growth of pine (In Russian). *Botanical Journal* 49(5): 669–677.
12. Nabatov, N.M. 1989. Stages of formation of pine forest after clear-cutting and reforestation (In Russian). In Dynamic typology of forest. Agropromizdat, Moscow, Russia, pp. 144–156.
13. Zhigunov, A.V., Kozlova, T.O. 1981. About hemotropizme root systems when creating forest plantations by "Briquette" seedlings (In Russian). In The role of science in building the future of forests. Saint-Petersburg Forest Research Institute, Saint-Petersburg, Russia, pp. 77.
14. Izvekova, I.M. 1982. On the development of the root system of containerized seedlings of pine and spruce plantations (In Russian). In Restoration and reclamation of forests in Karelia, Leningrad Forest Research Institute, Leningrad, Russia, pp. 61–63.
15. Izvekova, I.M. 1992. Features of the development of the root system of pine in forest plantations established by containerized seedlings (In Russian). Technology and economic aspects of growing seedling forests. Saint-Petersburg Forest Research Institute, Saint-Petersburg, Russia, pp. 139–143.
16. Khustov, V.K., Gavrilova, O.I., Morozova, I.V. 2007. Forest plantations of Karelia (early stages of age) (In Russian). Moscow State Agricultural University, Moscow, Russia, 223 pp.
17. Khustov, V.K., Gavrilova, O.I., Morozova, I.V. 2010. The growth of pine in a competitive relationship with the living ground cover on cuttings (In Russian). *Proceedings of Timirjazev Agricultural Academy* 2: 27–34.
18. Yurjeva, A.L. 2007. The growth and development of forest plantations in the ecosystem of vejník and lugovík cutting in Karelia (In Russian). PhD thesis abstract, Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia, 16 pp.

19. Yurjeva, A.L., Gavrilova, O.I., Khustov, V.K. 2008. Dynamics of the aboveground part formation of Scots pine during the early periods of diagnosis. *Resources and Technology* 7: 149–151.
20. Burdett A.N. 1979. New methods of measuring root growth capacity: their value in assessing lodgepole pine stock quality. *Canadian Journal of Forest Research* 9: 63–67.
21. Mattsson, A. 1991. Root Growth Capacity and Field Performance of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* Seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research* 6(1-4): 105–112.
22. Heiskanen, J., Rikala, R. 1998. Influence of different nursery container media on rooting of Scots pine and silver birch seedling after transplanting. *New Forests* 16(1): 27–42.
23. Partanen, J., Beuker, E. 1999. Effects of photoperiod and thermal time on the growth rhythm of *Pinus sylvestris* seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14(6): 487–497.
24. Yurjeva, A.L., Gavrilova, O.I. 2012. Swiss Pine (*Pinus sibirica*) forest plantations management in southern Karelia (In Russian). *Resources and Technology* 9(1): 68–71.
25. Gavrilova, O.I., Khustov, V. 2008. Growth and productivity of Spruce European (*Picea abies*) seedlings of different sowing time (In Russian). *Resources and Technology* 7: 21–25.
26. Kolström, T., Leinonen, T. 1999. Taiga – Model Forest. In Model forests in Russia: Experience and Future Prospects, Proceedings of the International Workshop held in Petrozavodsk, Russia, June 1999. Joensuu University, Joensuu, Finland, pp. 123–134.