

DOI: 10.15393/j2.art.2023.7003

УДК 630*232.325.21

Статья

Влияние пара в севообороте на качество семян

Тюкавина Ольга Николаевна

доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова»; ведущий научный сотрудник, ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (Российская Федерация), o.tukavina@narfu.ru

Демина Надежда Александровна

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (Российская Федерация), sevniilh@sevniilh-arh.ru

Файзулин Даньял Ханбалович

младший научный сотрудник, ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (Российская Федерация), monitoringlesov@sevniilh-arh.ru

Получена: 5 апреля 2023 / Принята: 13 июня 2023 / Опубликовано: 14 июня 2023

Аннотация: В настоящее время нарастает интерес к дифференцированному использованию посадочного материала, характеризующегося разными биометрическими свойствами, с целью повышения его жизнеспособности при пересадке. Для разработки программ выращивания посадочного материала под условия конкретной культурной площади необходима база данных, описывающая влияния разных комплексов факторов на габитус и виталитет семян. Наличие такой базы позволит разработать технологические схемы выращивания семян, рекомендуемые для применения в конкретных лесорастительных районах. В ходе предварительной оценки установлено, в что Северо-Западном регионе паровое поле вводится в севооборот лишь у 80 % постоянных питомников открытого грунта. Цель исследования состояла в оценке влияния пара в севообороте на качество семян. Оценивали двухлетние семена сосны и ели в постоянном питомнике открытого грунта Балтийско-Белозерского лесного района с классической технологией проведения работ. При отсутствии в технологической схеме выращивания пара отмечается низкий выход семян. Густота семян в 3,4 раза меньше по сравнению с полем, на котором парование проводилось. Включение в севооборот паровых полей позволяет сократить срок выращивания

сеянцев, особенно сосны. Количество сеянцев, достигших нормативных размеров на второй год развития, под влиянием пара возросло на 76 % у сосны, на 30 % у ели. Парование полей способствует большему развитию надземной части сеянцев обеих пород. Так, масса надземной части сосны возрастает на 65 %, а ели — на 125 %. Это ухудшает соотношение массы тонких корней и надземной части у сеянцев сосны. Низкие индекс выносливости и соотношение длины надземной и подземной частей отмечались у сеянцев, выращенных на полях, не подвергавшихся парованию, при достижении ими нормативных размеров можно рекомендовать их к посадке в засушливых условиях.

Ключевые слова: сеянцы; сосна; ель; пар; постоянный питомник открытого грунта

DOI: 10.15393/j2.art.2023.7003

Article

The effect of fallow in nursery rotation on the quality of seedlings

Olga Tyukavina

D. Sc. in agriculture, associate professor, Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, leading researcher, Northern research institute of Forestry (Russian Federation), o.tukavina@narfu.ru

Nadezhda Demina

Ph. D. in agriculture, senior researcher, Northern Research Institute of Forestry (Russian Federation), sevniilh@sevniilh-arh.ru

Danyal Fayzulin

research assistant, Northern Research Institute of Forestry (Russian Federation), monitoringlesov@sevniilh-arh.ru

Received: 5 April 2023 / Accepted: 13 Jun 2023 / Published: 14 Jun 2023

Abstract: Currently, the interest deepens in the differentiated use of planting material characterized by different biometric characteristics in order to increase its survivability when planting on a cultural area. To develop programs for growing planting material under the specified conditions of the cultural area, a database should be created to identify the influence of different sets of factors on the habitus and vitality of seedlings. Prerequisites for its creation arise in the absence of control and compliance with the growing seedlings technological schemes recommended for specific forest-growing areas. For example, a fallow field is introduced into nursery rotation only in 80 % of field permanent nurseries surveyed in the Northwest. The aim of the study was to assess the effect of fallow in nursery rotation on the quality of seedlings. Two-year-old pine and spruce seedlings were evaluated in a field permanent nursery of the Baltic-Belozersky forest district where a traditional work performance technology is applied. Unless fallow was included in the technological scheme of growing, a low yield of seedlings was noted. The density of seedlings was 3.4 times less compared to the fallow field. The inclusion of fallow fields in nursery rotations allowed shortening the period of growing seedlings, especially those of pine. The number of seedlings that reached the standard size in the second year of development on a fallow field increased by 76 % in pine and by 30 % in spruce. The fallowing of fields contributed to the greater

development of the aboveground part of seedlings in both pine and spruce. So the mass of the aboveground part of the pine increased by 65 % and of the spruce — by 125 %. This worsened the ratio of the mass of thin roots and the aboveground part of pine seedlings. Seedlings grown in fields without fallowing and characterized by the low degree of hardiness and the ratio of the length of the aboveground and underground parts when they reach the standard sizes can be recommended for planting in arid conditions.

Keywords: seedlings; pine; spruce; fallow; field permanent nursery

1. Введение

В современный период возрастает потребность в посадочном материале как для лесовосстановления с ориентацией на получение древесного сырья, так и для восстановления природной среды, создания и расширения насаждений для депонирования углерода. Жизнеспособность посадочного материала на лесокультурной площади можно повысить за счет учёта её лимитирующих факторов и направлений преодоления их при управлении технологией выращивания сеянцев. Устойчивость посадочного материала к ограничивающим факторам на лесокультурной площади можно сформировать не только методами подготовки участка, но и изменяя морфологические признаки сеянцев, применяя разные программы выращивания посадочного материала [1]. В связи с этим за рубежом активно разрабатывается концепция «целевое растение», или «целевой лес или сеянец» [2], [3]. Концепция целевого растения (ТРС) начинается с трёх ключевых элементов, которые определяют циклический процесс улучшения: питомники должны работать вместе с клиентами; целевые растения определяются на месте посадки; качество, а не внешний вид, определяет успех [4]. Высота побега, диаметр корневой шейки, корневые системы и соотношение побега к корню являются показателями для прогнозирования потенциала роста в полевых условиях [5], поскольку они снижают уязвимость растений к стрессу за счёт регулирования водообмена. Большой диаметр корневой шейки и размер корневой системы повышают вероятность выживания и роста [2]. Для создания целевых программ выращивания сеянцев под конкретные условия их пересадки необходим каталог (база) закономерностей влияния антропогенно трансформируемых факторов на качественные характеристики посадочного материала. В современных условиях не во всех питомниках открытого грунта полностью реализуются агротехнические приёмы. Например, паровое поле в севооборот вводится лишь у 80 % постоянных питомников открытого грунта из обследованных по Северо-Западу. Следовательно, современный период позволяет создать научную базу по влиянию разных комплексов агротехнических приёмов или их отсутствия на морфологические характеристики сеянцев с целью дифференцированного выращивания посадочного материала, адаптированного к конкретным условиям культурной площади.

2. Материалы и методы

Цель исследования — оценка влияния пара в севообороте на качество сеянцев. Объект исследования — двухлетние сеянцы сосны и ели в постоянном питомнике открытого грунта Балтийско-Белозерского лесного района. Применялась общепринятая для данного типа питомника технология выращивания посадочного материала, которая включала следующие основные производственные операции: паровые поля 2—3 года (сидеральное и чистое) с внесением торфа, известкованием; культивация и боронование; внесение минеральных удобрений на паровых полях на первом, втором и третьем году выращивания сеянцев;

мульчирование посевов торфокрошкой; рыхление; борьба с сорняками; защита посадочного материала. Почвы среднекислые, механический состав — средний суглинок.

Одной из проблем питомников с эффективной агротехникой выращивания является наличие остатков нереализованного посадочного материала, который перерастает и утилизируется. В результате этого и возникла возможность оценить качество сеянцев, сформировавшихся в результате применения агротехники выращивания с паром и без пара.

Учёт сеянцев проводили в конце августа. Случайной выборкой отбирали до 100 сеянцев с поля. В камеральных условиях измеряли штангенциркулем диаметр стволика у шейки корня с точностью до 0,1 мм; линейкой — высоту сеянца с точностью до 0,1 см, длину осевого прироста первого, второго года (см), длину корня (см), длину главного корня (см), длину боковых корней (см). Сеянец разделяли на фракции: хвоя, стволик, корни с диаметром менее 1 мм, корни с диаметром более 1 мм. Фракции сушили в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянного веса, охлаждали в эксикаторе с хлористым кальцием и взвешивали на электронных весах AF-220CE (точность ± 0,001 г).

Индекс выносливости определяли как отношение высоты сеянца (см) к диаметру корневой шейки (мм) [6].

Индекс качества Диксона (DQI) [7] рассчитывали по формуле

$$DQI = \frac{A}{B+C},$$

где A — масса растения в воздушно-сухом состоянии (г); B — индекс выносливости; C — отношение массы надземной части растения к его подземной части в воздушно-сухом состоянии (г).

3. Результаты

Густота двухлетних сеянцев сосны на поле, в технологической схеме которого пар отсутствовал, составляет 130 ± 3 шт./м²; на поле, в технологической схеме которого пар присутствовал, — 444 ± 38 шт./м². Различие составило в 3,4 раза ($t = 8,3$ при $t_{st} = 2,7$, $p = 0,99$). На полях, не подвергавшихся парованию, выход сеянцев ели практически в 2 раза ниже нормативного. Низкая выживаемость сеянцев первого года обусловлена, прежде всего, полеганием. При отсутствии парования поля происходит накопление патогенов и вредителей в почве. Известкование кислых почв во время пара подавляет развитие возбудителей полегания сеянцев [8]. При паровании проводили борьбу с сорняками, которые не только ослабляют сеянцы, но и служат источником инфекции полегания и выпревания.

Доля сеянцев сосны, по размерам соответствующих требованиям стандарта, с поля, в технологической схеме которого пар отсутствовал, составляет 6 %; с паром — 82 %. Доля сеянцев ели, по размерам соответствующих требованиям стандарта, с поля, в технологической схеме которого пар отсутствовал, составляет 28 %; с паром — 58 %.

Следовательно, включение в севооборот паровых полей позволяет сократить срок выращивания семян, особенно сосны.

Парование полей способствовало большему развитию надземной части семян как у сосны, так и у ели (таблица). Высота семян сосны с поля, подвергнувшегося парованию, значительно больше по сравнению с полем без пара на 95 %, у ели — на 68 %; масса надземной части у сосны — на 65 %, у ели — на 125 %; масса хвои у сосны — на 51 %, у ели — на 77 %; масса стволика у сосны — на 100 %, у ели — на 60 %. При этом диаметр корневой шейки у сосны изменяется не так значительно (на 21 %), а у ели различие незначимо. На поле, которое подвергалось парованию, происходит вытягивание семян в высоту в связи с их большей густотой.

Аналогичные изменения отмечаются и с корнями, но менее интенсивно. Так, длина корня семян сосны с поля, подвергнувшегося парованию, значительно больше по сравнению с полем без пара на 38 %, у ели — на 27 %. Суммарная длина корней у сосны возрастает в данных условиях на 51 %, масса корней — на 55 %, а у ели различие незначимо. Изменения в надземной и корневой системе указывают на накопление в почве в процессе парования азота. Азот способствует росту побегов по сравнению с ростом корней, причём стебли прирастают большими темпами по сравнению с ассимиляционным аппаратом [9]. Этому способствует применение в качестве сидерата вико-овсяной смеси. Кроме этого, применение гербицидов ускоряет процессы минерализации и накопления подвижных форм азота [10].

Отношение длины надземной части семени к длине корня на полях, подвергнувшихся парованию, обусловлено густотой семян. В самых редких посевах длина корней в два раза больше высоты стволиков (соотношение 0,48), а в самых густых посевах корни даже короче надземной части семян (соотношение 1,03) [11]. Исходя из этого, можно отметить, что на полях, подвергнувшихся парованию, не происходит сильного переуплотнения семян, а с отсутствием пара семена можно охарактеризовать как очень редкие.

Отношение длины главного корня к суммарной длине боковых корней на полях, отличающихся по наличию пара в севообороте, на одном уровне как у сосны, так и у ели указывает на относительно равную разветвлённость корней и совпадение остальных агротехнических приёмов.

Потенциал роста семян отражает соотношение массы надземной части и корневой системы [12]. Особое внимание уделяется тонким физиологически активным корням с диаметром до 1 мм, осуществляющим ионный обмен катионами и анионами с почвенным раствором, в которых синтезируются активные вещества, необходимые для роста всех частей растений [13]. Для характеристики потенциальной возможности приживания растений допустимо использовать отношение массы тонких корней к массе надземной части или хвои [11—14]. Так, приживаемость семян 90 % при массе надземной части у одного растения в воздушно-сухом состоянии около 1 г отмечается при соотношении массы тонких корней к массе надземной части у сосны 1:8, у ели 1:13; приживаемость 70 % — у сосны 1:14, у ели 1:29 [13]. В отличие от посадочного материала сосны при одинаковой массе надземной

Таблица. Биометрические показатели двухлетних сеянцев хвойных пород

Table. Biometric indicators of two-year-old coniferous seedlings

Показатель	Сосна			Ель		
	С паром	Без пара	t*(t _{st} = 2,6, p = 0,99)	С паром	Без пара	t (t _{st} = 2,6, p = 0,99)
Высота сеянца, см	12,7 ± 0,47	6,5 ± 0,36	10,5	10,6 ± 0,44	6,3 ± 0,35	7,7
Диаметр корневой шейки, мм	2,3 ± 0,08	1,9 ± 0,08	3,5	1,8 ± 0,06	1,5 ± 0,08	1,4
Индекс выносливости	5,5 ± 0,14	3,4 ± 0,10	12,2	6,3 ± 0,19	4,1 ± 0,23	7,4
Длина корня, см	18,2 ± 0,52	13,2 ± 0,47	7,1	17,6 ± 0,41	13,8 ± 0,59	5,3
Суммарная длина корней, см	78,3 ± 3,63	51,8 ± 3,85	5,0	92,1 ± 4,49	79,9 ± 6,17	1,6
Отношение длины надземной части к длине корня	0,71 ± 0,02	0,49 ± 0,01	10,0	0,60 ± 0,02	0,46 ± 0,02	2,5
Отношение длины главного корня к суммарной длине боковых корней	0,33 ± 0,02	0,41 ± 0,03	2,2	0,27 ± 0,01	0,28 ± 0,02	0,4
Масса надземной части сеянца, г	0,89 ± 0,07	0,54 ± 0,07	3,5	0,54 ± 0,03	0,24 ± 0,02	8,3
Масса хвои, г	0,59 ± 0,05	0,39 ± 0,05	2,9	0,23 ± 0,01	0,14 ± 0,01	6,4
Масса корней, г	0,17 ± 0,01	0,11 ± 0,01	4,3	0,15 ± 0,01	0,13 ± 0,01	1,4
Отношение массы тонких корней к массе надземной части	1 : 10 ± 0,72	1 : 7 ± 0,42	3,6	1 : 4 ± 0,52	1 : 3 ± 0,27	1,7
Отношение массы корней к массе надземной части	0,21 ± 0,02	0,21 ± 0,008	0,0	0,42 ± 0,01	0,55 ± 0,02	5,8
Отношение массы тонких корней к массе хвои	0,19 ± 0,01	0,24 ± 0,02	2,2	0,59 ± 0,02	0,84 ± 0,06	4,0
Количество ветвей	0,98 ± 0,14	1,29 ± 0,16	1,5	3,51 ± 0,34	2,92 ± 0,41	1,1
Отношение прироста второго года к приросту первого года роста	1,58 ± 0,09	1,39 ± 0,07	1,7	1,75 ± 0,07	1,74 ± 0,07	0,1
Индекс качества Диксона	0,10 ± 0,007	0,08 ± 0,008	1,9	0,06 ± 0,004	0,05 ± 0,006	0,8

*t — значимость различия.

части посадочный материал ели имеет хорошую приживаемость при гораздо худшем соотношении массы мелких корней и надземной части, что обусловлено способностью ели быстрее образовывать новые корневые окончания после пересадки [12]. У сосны, произрастающей на поле, подвергнувшись парованию, разрастание надземной части приводит к ухудшению данного соотношения (1:10), приживаемость такого посадочного материала составила бы 80 %, согласно вышеуказанным закономерностям. Ещё А. Р. Родин, В. В. Грибков и А. В. Никитина [15] указывали, что у сосны масса кроны нарастает быстрее, чем у других пород, но даже у лиственницы, которая растёт ещё быстрее, соотношение надземной и подземной частей более благоприятное для пересадки. Однако основная масса корневых окончаний высших порядков образуется и растёт в августе и сентябре (в сентябре в 3 раза больше, чем в августе) в Ленинградской области [16], осенью в Архангельской области [17], в то время как накопление сухого вещества хвоей прекращается, что позволяет предположить в нашем случае при оценке показателей в середине августа нормализацию данного соотношения в сентябре. По другим вариантам формируется по данному показателю качественный посадочный материал.

Отношение массы корней к надземной массе — менее информативный показатель качества семян по сравнению с предыдущим. Однако при одинаковом соотношении между надземной частью и корневой системой приживаемость ниже у растений, имеющих меньшую массу надземной части [12]. По данным показателям семена, выросшие на поле, подвергнувшись парованию, имеют больше шансов прижиться на лесокультурной площади.

Отношение массы тонких корней к массе хвои снижается у семян, выросших на поле после пара, что указывает на большую физиологическую активность корней, позволяющих обслуживать большую поверхность хвои.

Соотношение линейных приростов второго и первого годов во всех случаях было значительно больше 1, т.е. на второй год семена росли более интенсивно, чем в предыдущий год. Первый год роста наиболее экстремальный для семян. Они подвергаются воздействию биологических, климатических стрессоров, большей частоте обработок пестицидами. На второй год развития влияние данных стрессоров не столь травматично при условии проведения всех агротехнических приёмов в первый год выращивания семян.

Применение в технологической схеме пара оказало пролонгированное действие на рост семян. У семян сосны, выросших на поле после парования, линейный прирост и первого, и второго года роста больше практически в 2 раза по сравнению с сеянцами, в технологической схеме выращивания которых отсутствовал пар; у ели — в 1,35 раза. В то же время внесение органических мелиорантов перед посевом оказывает влияние на рост семян в высоту преимущественно только на первом году жизни семян [18].

Присутствие пара в технологической схеме выращивания семян не повлияло на количество ветвей. Причём количество ветвей у двухлетних семян ели в 3 раза больше,

чем у сосны, что может обуславливаться большей долей тонких корней (в 2,5 раза), приходящейся на наземную часть.

Для оценки жизнеспособности сеянцев при пересадке на культурную площадь используется индекс качества Диксона [7], [19—22]. Отмечается тенденция увеличения индекса качества Диксона у сеянцев, выросших на поле, которое подвергалось парованию. Значения индекса качества Диксона у сеянцев сосны и ели соотносятся с характеристиками сеянцев, выращиваемых в Финляндии [20].

Индекс выносливости понижен у сеянцев, выращенных на поле, которое не подвергалось парованию. Низкий коэффициент выносливости указывает на потенциал для лучшего роста в стрессовых условиях, главным образом при недостатке влаги [23]. Это также подтверждается и соотношением длины надземной и подземной частей сеянцев в данных условиях. Сеянцы со слаборазвитой надземной частью и хорошо развитыми корнями имеют большую выживаемость на засушливых территориях [7] за счёт снижения испаряющей поверхности. Однако, по данным ряда авторов [7], [24—26], общей мерой прочности сеянцев, устойчивости к засухе и тепловому воздействию являются диаметр шейки корня и масса корневой системы. Данные показатели значимо больше у сеянцев, выращенных на поле, которое подвергалось парованию.

Вопросы дифференцированного применения посадочного материала не новы, но не теряют своей актуальности [6], [7], [13], [14], [19], [20], [27]. Основные положения оценки качества и дифференцированного применения посадочного материала отражены в методических указаниях «Комплексная оценка качества посадочного материала и его применение на Европейском Севере» [14] и ОСТ 56-98-93 «Сеянцы и саженцы основных древесных и кустарниковых пород. Технические условия». Крупномерный посадочный материал характеризуется высокой устойчивостью к заглушению травянистой растительностью по сравнению со стандартными сеянцами, в связи с этим его высаживают на крупнотравных и злаковых вырубках кисличных и травянистых типов леса с наиболее плодородными почвами. На лишайниковых и вересковых вырубках или при посадке по пластам приживаемость лесных культур затрудняется из-за дефицита влаги, в связи с чем требуется посадочный материал с высоким отношением массы тонких корней к массе надземной части [14]. При посадке сеянцев в почвы с избыточным увлажнением длина корневой системы должна быть не менее 10 см, при нормальном увлажнении — 15 см; при недостаточном увлажнении — 20 см (ОСТ 56-98-93). Следовательно, сеянцы, выращенные на поле, которое не подвергалось парованию, при достижении нормативных размеров (для данного лесорастительного района высота 12 см, диаметр корневой шейки 2 мм), с данным соотношением надземной и подземной частей могут в дальнейшем быть рекомендованы к посадке на почвы с засушливыми условиями. Для сеянцев, выращенных согласно классической технологии, необходимо формировать условия, способствующие развитию корневой системы, в частности, путём снижения их густоты.

4. Обсуждение и заключение

Пар — важный элемент в технологической схеме выращивания семян, способствующий оздоровлению почвы, борьбе с сорняками. На полях без пара отмечается низкая густота семян. Включение в севооборот паровых полей позволяет сократить срок выращивания семян, особенно сосны. Парование полей способствует большему развитию надземной части семян, как у сосны, так и у ели, что может ухудшать соотношение массы тонких корней и надземной части семян. Низкие индекс выносливости и соотношение длины надземной и подземной частей семян, выращенных на полях, которые не подвергались парованию, при достижении ими нормативных размеров можно рекомендовать к посадке в засушливых условиях.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований. Регистрационный номер темы 122020100292-5.

Список литературы

1. *Davis A. S., Pinto J. R.* The Scientific Basis of the Target Plant Concept: An Overview // *Forest*. 2021. Vol. 12. P. 1293. DOI: 10.3390/f12091293.
2. *Grossnickle S. C., MacDonald J. E.* Seedling quality: history, application, and plant attributes // *Forests*. 2018. Vol. 9 (5). P. 283—305
3. *Perumal M., Wasli M. E.* Target Plant Concept (TPC): A Holistic Framework for Seedling Quality within a Forest Restoration Programme // *Bulletin Institut Ekosains Borneo*. 2023. Vol. 2, iss. 1. P. 35—40.
4. Meeting forest restoration challenges: using the target plant concept / K. R. Dumroese, T. D. Landis, J. R. Pinto [et al.] // *Reforesta*. 2016. Vol. 1. P. 37—52.
5. Establishment and growth of container seedlings for reforestation: a function of stocktype and edaphic conditions / J. R. Pinto, J. D. Marshall, R. K. Dumroese [et al.] // *Forest Ecology and Management*. 2011. Vol. 261 (11). P. 1876—1884.
6. *Новикова Т. П., Малышева В. И., Петрищев Е. П.* Влияние климатического индекса градусо-дней на виталитет 3-летних семян сосны обыкновенной из сортированных по спектрометрическим свойствам семян // *Лесотехнический журнал*. 2022. Т. 12, № 1 (45). С. 110—118.
7. *Ivetić V., Grossnickle S., Škorić M.* Forecasting the field performance of Austrian pine seedlings using morphological attributes // *iForest*. 2016. Vol. 10. P. 99—107. DOI: 10.3832/ifer1722-009.
8. *Минкевич И. И., Дорофеева Т. Б., Ковязин В. Ф.* Фитопатология. Болезни древесных и кустарниковых пород: Учеб. пособие. СПб.: Лань, 2011. 160 с.
9. *Van den Driessche R.* Nursery growth of conifer seedlings using fertilizers of different solubilities and application time, and their forest growth // *Canadian Journal of Forest Research*. 1987. Vol. 18 (2). P. 172—180.
10. *Маркова И. А., Жигунов А. В.* Лесные культуры: агротехника выращивания посадочного материала в лесных питомниках. СПб.: СИНЭЛ; СПбГЛТУ, 2021. 134 с.
11. *Юшка В. И., Градецкас А. И.* Опыт выращивания семян сосны и ели в теплице с полиэтиленовым покрытием. Каунас, 1970. 20 с.

12. Смирнов Н. А. Выращивание посадочного материала для лесовосстановления. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 169 с.
13. Калининченко Н. П., Писаренко А. И., Смирнов Н. А. Лесовосстановление на вырубках. М.: Экология, 1991. 384 с.
14. Пигарев Ф. Т., Беляев В. В., Сунгуров Р. В. Комплексная оценка качества посадочного материала и его применение на Европейском Севере. Архангельск: АИЛиЛХ, 1987. 14 с.
15. Родин А. Р., Грибков В. В., Никитина А. В. Оптимальное соотношение надземной биомассы посадочного материала и корневых систем хвойных пород // Лесохозяйственная информация. 1974. Вып. 15. С. 13—14.
16. Редько Г. И., Наквасина Е. Н. Некоторые вопросы сезонного развития двухлетних сеянцев сосны в связи с дифференциацией сроков проведения минеральных подкормок // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение: Межвуз. сб. науч. тр. Л., 1981. С. 70—75.
17. Наквасина Е. Н. Сезонный рост сеянцев сосны и ели в условиях Архангельской области // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. Рациональное использование и восстановление лесных ресурсов: Межвуз. сб. науч. тр. Л., 1984. С. 74—77.
18. Ермакова М. В. Структура посадочного материала и качество древесины сосны при использовании органических мелиорантов // Лесотехнический журнал. 2018. № 4. С. 78—88.
19. Bian Z., Liu L., Ding S. Analysis of forest landscape restoration based on landscape connectivity: A case study in the Yi river basin, China, during 2015—2020 // Land. 2021. Vol. 10 (9). P. 904. DOI: 10.3390/land10090904.
20. Effect of biochar amendment on the properties of growing media and growth of containerized Norway spruce, Scots pine, and silver birch seedlings / E. Köster, J. Pumpanen, M. Palviainen [et al.] // Can. J. For. Res. 2020. Vol. 51. P. 31—40. DOI: 10.1139/cjfr-2019-0399.
21. Lin K.-H., Wu C.-W., Chang Y.-S. Applying Dickson quality index, chlorophyll fluorescence, and leaf area index for assessing plant quality of *Pentas lanceolata* // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 2018. Vol. 47 (1). P. 169—176. DOI: 10.15835/nbha47111312.
22. Tsakaldimi M., Ganatsas P., Jacobs D. F. Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology // New Forests. 2012. Vol. 44. P. 327—339.
23. Johnson J. D., Cline M. L. Seedling quality of southern pines // Forest Regeneration Manual (Duryea ML, Dougherty PM eds). Kluwer, Dordrecht. The Netherlands, 1991. P. 143—162.
24. Mexal J. G., Cuevas Rangel R. A., Landis T. D. Reforestation success in central Mexico: Factors determining survival and early growth // Tree Planters' Notes. 2009. Vol. 53 (1). P. 16—22.
25. Effect of container type and seedling size on survival and early height growth of *Pinus palustris* seedlings in Alabama, USA / D. B. South, S. W. Harris, J. P. Barnett [et al.] // Forest Ecology and Management. 2005. Vol. 204. P. 385—398.
26. Ward J. S., Gent M. P. N., Stevens G. R. Effects of planting stock quality and browse protection-type on height growth of northern red oak and eastern white pine // Forest Ecology and Management. 2000. Vol. 127 (1—3). P. 205—216.
27. Сунгурова Н. Р., Дрочкова А. А. Биометрические характеристики посадочного материала как тест-показатель успешности культур *Pinus silvestris* L. // Известия вузов. Лесной журнал. 2021. № 4. С. 107—116.

References

1. Davis A. S., Pinto J. R. The Scientific Basis of the Target Plant Concept: An Overview. *Forest*, 2021, vol. 12, pp. 1293. doi: 10.3390/f12091293.

2. Grossnickle S. C., MacDonald J. E. Seedling quality: history, application, and plant attributes. *Forests*, 2018, vol. 9 (5), pp. 283—305.
3. Perumal M., Wasli M. E. Target Plant Concept (TPC): A Holistic Framework for Seedling Quality within a Forest Restoration Programme. *Bulletin Institut Ekosains Borneo*, 2023, vol. 2, iss. 1, pp. 35—40.
4. Dumroese K. R., Landis T. D., Pinto J. R., Haase D. L., Wilkinson K. W., Davis A. S. Meeting forest restoration challenges: using the target plant concept. *Reforesta*, 2016, vol. 1, pp. 37—52.
5. Pinto J. R., Marshall J. D., Dumroese R. K., Davis A. S., Cobos D. R. Establishment and growth of container seedlings for reforestation: a function of stocktype and edaphic conditions. *Forest Ecology and Management*, 2011, vol. 261 (11), pp. 1876—1884.
6. Novikova T. P., Malysheva V. I., Petrishchev E. P. Influence of the climatic index of degree-days on the vitality of 3-year-old seedlings of scots pine from seeds sorted by spectrometric properties. *Forestry Journal*, 2022, vol. 12, no. 1 (45), pp. 110—118. (In Russ.)
7. Ivetić V., Grossnickle S., Škorić M. Forecasting the field performance of Austrian pine seedlings using morphological attributes. *iForest*, 2016, vol. 10, pp. 99—107. doi: 10.3832/ifor1722-009
8. Minkevich I. I., Dorofeeva T. B., Kovyazin V. F. *Phytopathology. Diseases of tree and shrub species*. St. Petersburg, Lan, 2011. 160 p. (In Russ.)
9. Van den Driessche R. Nursery growth of conifer seedlings using fertilizers of different solubilities and application time, and their forest growth. *Canadian Journal of Forest Research*, 1987, vol. 18 (2), pp. 172—180.
10. Markova I. A., Zhigunov A. V. *Forest crops: agrotechnics of growing planting material in forest nurseries*. St. Petersburg, SYNEL; SPbSFTU, 2021. 134 p. (In Russ.)
11. Yushka V. I., Hradeckas A. I. *Experience of growing pine and spruce seedlings in a warmhouse with a polyethylene coating*. Kaunas, 1970. 20 p. (In Russ.)
12. Smirnov N. A. *Cultivation of planting material for reforestation*. Moscow, Forest Industry, 1981. 169 p. (In Russ.)
13. Kalinichenko N. P., Pisarenko A. I., Smirnov N. A. *Reforestation in cuttings*. Moscow, Ecology, 1991. 384 p. (In Russ.)
14. Pigarev F. T., Belyaev V. V., Sungurov R. V. *Comprehensive assessment of the quality of planting material and its application in the European North*. Arkhangelsk, Arkhangelsk Research Institute of Forest and Forest Chemistry, 1987. 14 p. (In Russ.)
15. Rodin A. R., Gribkov V. V., Nikitina A. V. Optimal ratio of aboveground biomass of planting material and root systems of coniferous species. *Forestry information*, 1974, iss. 15, pp. 13—14. (In Russ.)
16. Redko G. I., Nakvasina E. N. Some issues of seasonal development of two-year-old pine seedlings in connection with the differentiation of the timing of mineral fertilizing. *Forestry, forest crops and soil science. Intercollegiate collection of scientific papers*. Leningrad, 1981, pp. 70—75. (In Russ.)
17. Nakvasina E. N. Seasonal growth of pine and spruce seedlings in the conditions of the Arkhangelsk region. *Forestry, forest crops and soil science. Rational use and restoration of forest resources. Intercollegiate collection of scientific papers*. Leningrad, 1984, pp. 74—77. (In Russ.)
18. Ermakova M. V. The structure of the planting material and the quality of pine wood when using organic meliorants. *Forestry Journal*, 2018, no. 4, pp. 78—88. (In Russ.)

19. Bian Z., Liu L., Ding S. Analysis of forest landscape restoration based on landscape connectivity: A case study in the Yi river basin, China, during 2015–2020. *Land*, 2021, vol. 10 (9), pp. 904. doi: 10.3390/land10090904.
20. Köster E., Pumpanen J., Palviainen M., Zhou X., Köster K. Effect of biochar amendment on the properties of growing media and growth of containerized Norway spruce, Scots pine, and silver birch seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 2020, vol. 51, pp. 31–40. doi: 10.1139/cjfr-2019-0399.
21. Lin K.-H., Wu C.-W., Chang Y.-S. Applying Dickson quality index, chlorophyll fluorescence, and leaf area index for assessing plant quality of *Pentas lanceolata*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2018, vol. 47 (1), pp. 169—176. doi: 10.15835/nbha47111312.
22. Tsakalidimi M., Ganatsas P., Jacobs D. F. Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology. *New Forests*, 2012, vol. 44, pp. 327—339.
23. Johnson J. D., Cline M. L. Seedling quality of southern pines. *Forest Regeneration Manual* (Duryea ML, Dougherty PM eds). Kluwer, Dordrecht. The Netherlands, 1991, pp. 143—162.
24. Mexal J. G., Cuevas Rangel R. A., Landis T. D. Reforestation success in central Mexico: Factors determining survival and early growth. *Tree Planters' Notes*, 2009, vol. 53 (1), pp. 16—22.
25. South D. B., Harris S. W., Barnett J. P., Hains M. J., Gjerstad D. H. Effect of container type and seedling size on survival and early height growth of *Pinus palustris* seedlings in Alabama, USA. *Forest Ecology and Management*, 2005, vol. 204, pp. 385—398.
26. Ward J. S., Gent M. P. N., Stevens G. R. Effects of planting stock quality and browse protection-type on height growth of northern red oak and eastern white pine. *Forest Ecology and Management*, 2000, vol. 127 (1—3), pp. 205—216.
27. Sungurova N. R., Drochkova A. A. Biometric characteristics of planting material as a test indicator of the success of *Pinus silvestris* L. cultures. *Russian Forestry Journal*, 2021, no. 4, pp. 107—116. (In Russ.)