

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИЗКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И ГИДРОГЕЛЯ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРИЖИВАЕМОСТИ И РОСТА СЕЯНЦЕВ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ (*PICEA ABIES* L.)

А.И. Смирнов¹, Ф.С. Орлов¹, П.А. Аксенов², В.Ф. Никитин²

¹ООО «Разносервис», 127051, Москва, Лихов пер., д. 10

²МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

3642737@mail.ru

Отражены результаты исследований, проведенных в Сергиево-Посадском лесничестве Управления лесного хозяйства Московской обл. совместно с лабораторией кафедры лесных культур, селекции и дендрологии МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал). Продемонстрирована технология посадки саженцев ели европейской (*Picea abies* L.) в культуры, позволяющая существенно повысить приживаемость опытных образцов и улучшить их биометрические характеристики: высоту, диаметр корневой шейки, массу, а также оценить эффективность влияния обработки низкочастотным электромагнитным полем на морфометрические характеристики и анатомическое строение саженцев. Полученные результаты показали положительное влияние электромагнитного поля и гидрогеля на увеличение приживаемости опытных образцов саженцев ели европейской по отношению к контролю. Результаты сравнительного биометрического анализа подтвердили эффективность разработанных приемов обработки саженцев ели европейской.

Ключевые слова: низкочастотное электромагнитное поле, технология предпосевной обработки семян электромагнитным полем, гидрогель, саженцы ели европейской, морфометрия, гистометрия

Ссылка для цитирования: Смирнов А.И., Орлов Ф.С., Аксенов П.А., Никитин В.Ф. Использование низкочастотного электромагнитного поля и гидрогеля для увеличения приживаемости и роста саженцев ели европейской (*Picea abies* L.) // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 1. С. 45–52. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-1-45-52

В лесах европейской части России основным методом закладки лесных культур хвойных пород является посадка стандартных (2–3-летних сеянцев) с открытой корневой системой [1].

Процесс искусственного лесовосстановления в первую очередь основан на использовании качественного посадочного материала [2]. Одним из факторов, влияющих на успешность лесовосстановления, является высокая приживаемость сеянцев. В современной практике ведения лесного хозяйства при облесении вырубок часто не все стандартные и качественные сеянцы приживаются [3], поэтому для лесоводов необходимы технологии, которые способствуют лучшей приживаемости посадочного материала, не истощают пахотный слой почвы и не загрязняют ее [4].

Ель европейская (*Picea abies* L.) относится к основным лесообразующим породам и широко используется в искусственном лесовосстановлении. Исследования по улучшению приживаемости сеянцев этой древесной породы являются актуальными. Для обработки сеянцев, опираясь на опыт предыдущих исследований [5], использовали запатентованный низкочастотный генератор «Рост-Актив» [6] и технологию предпосевной обработки сеянцев электромагнитным полем (ПО-СЭП) [7], а также гидрогель — гранулированный полимерный абсорбент, который выполняет роль влагонакопителя и при внесении в почву удерживает

воду и растворенные в ней питательные вещества в зоне ризосферы растений, легко отдавая накопленную влагу растениям, что помогает сеянцам быстрее и лучше прижиться [8–10]. Для нашего исследования особый интерес представляет изучение эффективности этих способов для повышения приживаемости лесных культур.

Цель работы

Цель исследования — изучение влияния низкочастотного электромагнитного поля и внесения в почву гидрогеля на рост и приживаемость саженцев ели европейской.

Объекты и методы исследования

Исследование проводилось в период с 2015 по 2019 г. на территории Сергиево-Посадского участкового лесничества Сергиево-Посадского филиала ГКУ МО «Мособллес» и в лаборатории кафедры лесных культур, селекции и дендрологии МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал).

Объектами исследования служили семена ели европейской первого класса качества с действующим сертификатом, и 4-х-летние саженцы ели европейской с открытой корневой системой, выращенные из этих семян.

Весной 2015 г. в посевном отделении Сергиево-Посадского питомника подготовка поля для посева семян была осуществлена по системе

черного пара. Согласно методике исследования семена для опытов обрабатывали по технологии ПОСЭП с помощью низкочастотного генератора «Рост-Актив» с частотой 16 Гц при возрастающем значении индукции магнитного поля от 0,4 до 2,0 мТл и с экспозицией 11 мин. Контролем служили необработанные семена.

Были определены контрольные и опытные участки полей. Посевы проведены сеялкой СЛП 5-(4) по 5-строчной схеме на общей площади 2,21 га, глубина заделки семян 1,5 см, мульчирование посевов проводилось смесью торфа с песком и опилками. Всего высеяно 149 кг семян ели европейской — при норме высева 72 кг/га.

В течение вегетационного сезона проводились следующие агротехнические мероприятия по уходу за растениями: трехкратное рыхление в междурядьях с использованием культиватора КСР-2 в агрегате с МТЗ-52; в рядах двукратная ручная прополка с уборкой сорняков с поля; полив с применением мотопомпы.

Учет выхода однолетних сеянцев был проведен 2 сентября 2015 г.

В мае 2019 г. были заложены контрольные и опытные посадки саженцев ели европейской, отобранные в посевном отделении питомника.

На выделенном участке (кв. 20, выд. 7) Сергиево-Посадского участкового лесничества, подготовленного под посадки саженцев ели, лесокультурная площадь представляла собой вырубку 2018 г. площадью 0,4 га категории «б», с удовлетворительным состоянием очистки и средним задернением, где была проведена механизированная нарезка борозд, глубиной до 15 см, плугом ПКЛ-70.

7 мая 2019 г. на участке 360 погонных метров были подготовлены 9 посадочных гряд по 40 м каждая. Из питомника с контрольных и опытных участков полей был проведен рандомизированный отбор саженцев ели для посадки в культуры в количестве 450 сеянцев — 300 шт. для экспериментальных испытаний и 150 шт. для контроля [11].

В сравнительных опытах участвовали три варианта сеянцев:

- 1) контроль — сеянцы необработанные, 150 шт.;
- 2) опыт-1 — сеянцы из семян, обработанных электромагнитным полем весной 2015 г., 150 шт.;
- 3) опыт-2 — сеянцы из семян, обработанных электромагнитным полем весной 2015 г. и гидрогелем, 150 шт.

Ручная посадка саженцев ели европейской, с открытой корневой системой, проводилась под меч Колесова в трехкратной повторности в подготовленные борозды по 50 шт. В опыте-2 предварительно в посадочные лунки вносили гидрогель, набухший в воде (из расчета 2 г сухого гидрогеля на одну лунку), и затем высаживали сеянцы, обработанные электромагнитным полем.



Рис. 1. Саженцы ели европейской (сентябрь 2019 г): а — контроль; б — обработка электромагнитным полем; в — обработка электромагнитным полем и гидрогелем

Fig. 1. European spruce seedlings (September 2019): а — control; б — treatment by an electromagnetic field; в — treatment with an electromagnetic field and a hydrogel

В конце сентября 2019 г. был сделан учет прижившихся саженцев на опытных и контрольных участках и проведены их измерения (рис. 1).

Была проведена выкопка контрольных и опытных саженцев для детальных исследований в лаборатории кафедры лесных культур, селекции и дендрологии МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал). Выполнены измерения следующих биометрических показателей: высоты саженца, диаметра ствола саженца на уровне корневой шейки, массы корней и надземной части в воздушно-сухом состоянии после высушивания в течение 15 сут. и линейный прирост текущего года. Для определения средней массы частей саженцев использовались весы Аcom JW1. Замеры биометрических параметров саженцев проводились в количестве, достаточном для обеспечения точности среднестатистических показателей в пределах $\pm 5\%$.

Для проведения гистометрического анализа поперечных срезов использовали следующую методику. Из саженцев вырезали 1–2-сантиметровые участки стволиков с корневой шейкой, которые подвергали действию размягчающей спиртоглицериновой смеси (соотношение компонентов 1:1) в течение 10 сут. при температуре 25...30 °С. Далее получали поперечные срезы с помощью микротомы МС-2 и окрашивали в соответствии с общепринятой методикой [13]. Временные глицериновые препараты изготавливали в соответствии с методикой, изложенной в работе [14].

Микроскопирование велось в прямом светопольном и поляризационном режимах на исследовательском биологическом микроскопе Jenoval (Carl Zeiss), снабженном окуляр-микрометром и поляризаторами. Использовали микрообъективы: GF-Plan 3,2/0,06/∞/-, GF-Plan 12,5/0,25/∞/-, GF-Plan 25/0,5/∞/0,17, GF-Plan 40/0,65/∞/0,17, GF-Plan HI 100/1,25/160/0,17. Срезы ксилемы фотографировали с помощью микрофотонасадки. Измерение и подсчет структурных элементов годовых колец проводился согласно данным работы [12].

Для проверки достоверности полученных результатов руководствовались общепринятыми методиками статистической обработки [15–20] и с использованием программ Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Анализ приживаемости саженцев осенью 2019 г. показал значительное превосходство опытных вариантов над контролем (табл. 1).

Результаты исследований влияния электромагнитного поля и гидрогеля на приживаемость саженцев ели европейской, выращиваемых в открытом грунте питомника показали, что лучшим вариантом оказалась совместная обработка электромагнитным полем с добавлением гидрогеля при посадке (см. табл. 1). Наблюдаемую разницу в опыте-2 можно объяснить стимулирующим действием электромагнитного поля при длительном

Т а б л и ц а 1

Характеристика приживаемости сеянцев ели европейской, обработанных электромагнитным полем и гидрогелем (учет в сентябре 2019)
Characteristics of the survival rate of European spruce seedlings treated with an electromagnetic field and a hydrogel (accounting in September 2019)

Варианты опыта	Число учтенных саженцев при посадке	Число прижившихся саженцев	Приживаемость ± ошибка доли, %
Контроль	150	133	89 ± 2,6
Опыт-1	150	142	95 ± 1,8
Опыт-2	150	146	97 ± 1,4

протективном действии гидрогеля на последующий после пересадки ризогенез и поглощение растворов корнями в постстрессовый период. Также обработка электромагнитным полем совместно с добавлением гидрогеля оказали влияние на биометрические характеристики саженцев ели европейской (табл. 2).

По результатам осенних учетов проведено сравнение средних биометрических характеристик саженцев ели европейской в вариантах эксперимента: «Опыт-1», «Опыт-2» и «Контроль». Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что в результате

Т а б л и ц а 2

Средние биометрические характеристики саженцев ели европейской, обработанных электромагнитным полем и гидрогелем, по Сергиево-Посадскому лесничеству (лесной питомник)

Average biometric characteristics of European spruce seedlings, treated with an electromagnetic field and hydrogel, in the Sergiev Posad forestry (forest nursery)

Варианты опыта	Диаметр корневой шейки, мм	Высота сеянца, см	Протяженность последнего линейного прироста осевого побега, см	Масса сухого растения, г	Масса сухих корней, г	Масса сухой надземной части без хвои, г	Масса сухой хвои, г
Контроль	4,3 ± 0,21	32,1 ± 1,61	5,1 ± 0,24	8,9 ± 0,23	1,65 ± 0,04	3,07 ± 0,13	4,25 ± 0,19
Относительно контроля, %	100	100	100	100	100	100	100
Опыт-1	5,6 ± 0,20	39,4 ± 1,99	5,8 ± 0,28	14,8 ± 0,62	2,83 ± 0,16	4,86 ± 0,27	6,95 ± 0,30
Относительно контроля, %	130,1	122,6	113,4	165,8	171,6	158,3	163,5
$t_{расч}$	4,48	2,85	1,9	8,92	7,15	5,97	7,60
Опыт-2	6,0 ± 0,27	42,1 ± 2,08	6,5 ± 0,22	15,8 ± 0,74	3,70 ± 0,18	5,43 ± 0,29	7,67 ± 0,21
Относительно контроля, %	139,6	131,2	128,1	177,9	224,2	176,8	180,5
$t_{расч}$	4,97	3,8	4,3	8,90	11,12	7,43	12,08

Примечание. Приведены средние арифметические значения биометрических характеристик саженцев ± ошибка средней арифметической; объемы сравниваемых выборок = 20 шт.; стандартное значение t -критерия достоверности различий ($t_{ст}$) = 2,024 при заданном уровне значимости (α) = 0,05; $t_{расч}$ — расчетный t -критерий достоверности различий между выборками; жирным шрифтом выделены значения $t_{расч}$, превышающие стандартное значение t -критерия.

Средние гистометрические характеристики вариантов опыта с саженцами ели европейской

Average histometric characteristics of experiments with European spruce seedlings

Варианты опыта	Гистометрический показатель	Год образования радиального прироста ксилемы					Среднее значение показателя за 5 лет ± ошибка средней арифметической	Среднее значение показателя за период с 2015 по 2017	
		2015	2016	2017	2018	2019		Фактическое значение ± ошибка средней арифметической	Относительно контроля, %
Контроль	ШГК, мм	0,16	0,37	0,55	0,43	0,24	0,351 ± 0,069	0,360 ± 0,113	100
	<i>n</i> , ряд ⁻¹	15	28	36	29	22	26,0 ± 3,5	26,3 ± 6,1	100
	<i>d</i> , мкм	10,7	13,2	15,2	14,6	10,9	12,92 ± 0,92	13,03 ± 1,30	100
Опыт-1	ШГК, мм	0,27	0,66	0,68	0,46	0,26	0,466 ± 0,090	0,537 ± 0,133	149
	<i>n</i> , ряд ⁻¹	23	46	43	28	18	31,6 ± 5,5	37,3 ± 7,2	142
	<i>d</i> , мкм	11,6	14,3	15,9	16,4	14,6	14,56 ± 0,84	13,93 ± 1,25	108
Опыт-2	ШГК, мм	0,26	0,64	0,69	0,45	0,44	0,496 ± 0,077	0,530 ± 0,136	147
	<i>n</i> , ряд ⁻¹	21	48	43	27	27	33,2 ± 5,2	37,3 ± 8,3	142
	<i>d</i> , мкм	12,2	13,3	16,2	16,8	16,2	14,94 ± 0,92	13,90 ± 1,19	107

Примечание. ШГК — ширина годичного кольца; *n* — число люменов трахеид в радиальном ряду годичного кольца; *d* — средний радиальный диаметр трахеиды; объемы выборок = по 10 саженцев на каждый вариант опыта.

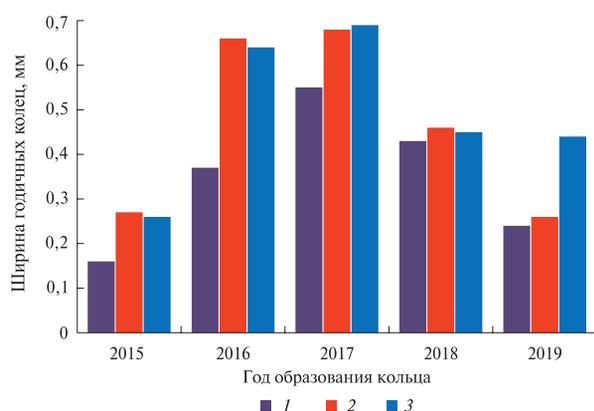


Рис. 2. Изменение ширины годичных колец (ШГК) саженцев сравниваемых вариантов с 2015 по 2019 г.: 1 — контроль; 2 — опыт-1; 3 — опыт-2

Fig. 2. Change in the width of the annual rings (SGC) of the seedlings of the compared variants from 2015 to 2019: 1 — control; 2 — experiment-1; 3 — experience-2

обработки саженцев в опыте-2 учитываемые биометрические показатели превышают контрольные, к примеру, высота опытных сеянцев превосходила контроль на 31 %. Различия большинства средних показателей опытов достоверны на пятипроцентном и более высоких уровнях значимости.

В конце вегетационного сезона в лаборатории кафедры лесных культур, селекции и дендрологии МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), был проведен сравнительный гистометрический анализ поперечных срезов контрольных и опытных стволиков саженцев ели европейской (табл. 3).

По данным гистометрических исследований сделан вывод, что ширина годичного кольца у сравниваемых вариантов значительно варьирует независимо от обработки электромагнитным полем. По всей видимости, это связано с неоднородностью условий вегетационных периодов как по климатическим изменениям, так и по применяемым агротехническим приемам и уходам.

Более подробно изменчивость радиального прироста можно рассмотреть на гистограмме (рис. 2), отражающей изменчивость ширины годичных колец (ШГК) с 2015 по 2019 г.

Из рис. 2 видно, что уже в первый год жизни саженцы, полученные из семян обработанных электромагнитным полем по технологии ПОСЭП, обгоняют контрольные по ШГК. Существенных различий в размере годичного прироста ксилемы с 2015 по 2018 г. между опытными вариантами не наблюдали, так как оба варианта произрастают в одинаковых условиях с одинаковой первичной предпосевной обработкой. В 2016 и 2017 гг. проявилось существенное увеличение различий в приростах между опытными и контрольной группами. Наибольшая разница по величине радиального прироста видна в 2016 г. между контрольным вариантом и опытом-1 — 78 %. В 2018 г. различия между всеми сравниваемыми группами по ШГК были минимальны. Мы связываем наблюдаемые различия в ШГК между контрольными и опытными вариантами с действием предпосевной обработки на ростовые процессы саженцев. Потенциал



Рис. 3. Фрагмент поперечного микросреза стволика саженца ели европейской. Контрольный вариант эксперимента (объектив GF-Plan 12,5/0,25/∞/–, окраска генцианвиолетом)

Fig. 3. Fragment of a transverse micro-section of the stem of a European spruce seedling. Control variant of the experiment (lens GF-Plan 12,5/0,25/∞/–, stained with gentian violet)

действия обработки электромагнитным полем позволяет продуцировать саженцам более широкие кольца ксилемы на протяжении 3-х лет — с 2015 по 2017 г. К вегетационному сезону 2018 г. физиологические процессы, модифицированные электромагнитным полем, ослабевают, и ШГК опытных и контрольного варианта мало различаются. Необходимо отметить резкое превышение годичного прироста в опыте-2, в котором дополнительно при посадке весной 2019 г. был использован гидрогель. Разница в ШГК между контрольным вариантом и опытом-2 к концу вегетации 2019 г. составляет более 80 %. По нашему мнению, наблюдаемое различие является следствием протективного действия гидрогеля на адаптацию корневой системы саженцев при пересадке весной 2019 г.

Для оценки влияния обработки электромагнитным полем на ксилогенез саженцев мы сравнили годичные кольца различных вариантов эксперимента, образованные в первые три вегетационных сезона после обработки семян по технологии ПОСЭП. Параметры ксилемы опытных вариантов саженцев показывают различия за период 2015–2017 г. в ширине радиальных приростов, числе луменов трахеид в радиальном ряду, средних радиальных диаметрах трахеид и составляют соответственно более 45, 40 и 5 % относительно контрольного варианта (см. табл. 3). Наблюдается общая картина усиления процессов

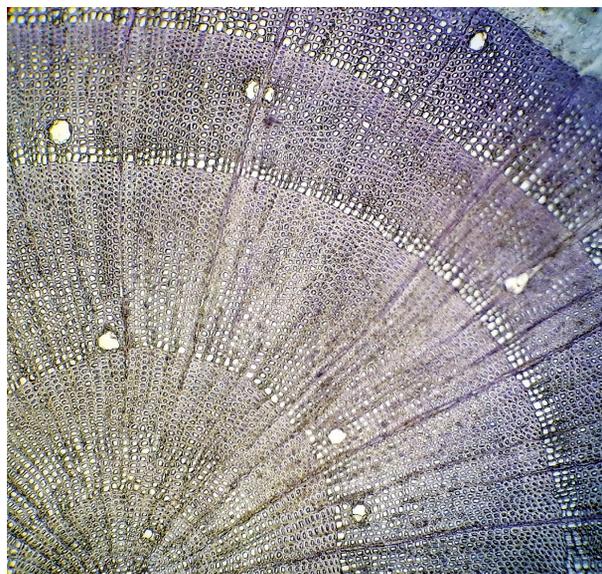


Рис. 4. Фрагмент годичных колец на поперечном микросрезе стволика саженца ели европейской. Опыт-1. Видны наиболее широкие кольца, образовавшиеся в 2016, 2017 г. (объектив GF-Plan 12,5/0,25/∞/–, окраска генцианвиолетом)

Fig. 4. Fragment of annual rings on a transverse micro-section of the stem of a European spruce seedling. Experiment-1. The widest rings are visible, formed in 2016, 2017 (lens GF-Plan 12,5/0,25/∞/–, stained with gentian violet)

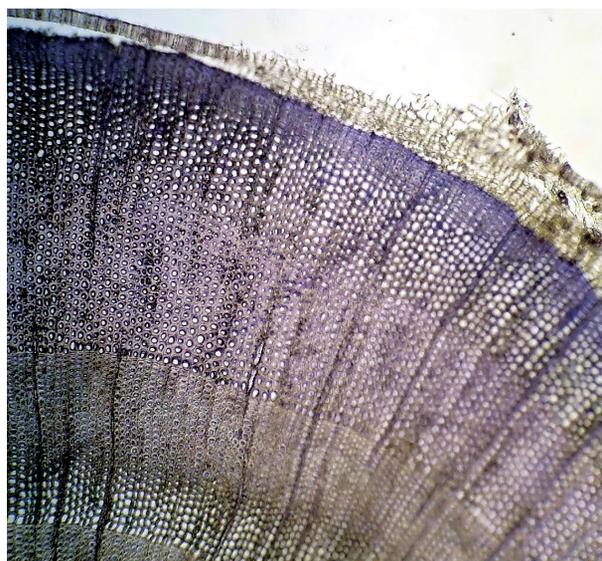


Рис. 5. Фрагмент последнего широкого годичного кольца (2019 г.) поперечного микросреза стволика саженца ели европейской. Опыт-2 (объектив GF-Plan 12,5/0,25/∞/–, окраска генцианвиолетом)

Fig. 5. Fragment of the last wide annual ring (2019) of a transverse micro-section of the stem of a European spruce seedling. Experiment-2 (lens GF-Plan 12,5/0,25/∞/–, coloring with gentian violet)

ксилогенеза, выраженная в увеличении рассматриваемых гистометрических параметров древесины, образованной после электромагнитного воздействия.

Детальное микроскопирование поперечных срезов ксилемы исследуемых групп саженцев с использованием режимов частично скрещенных никелей выявило следующие особенности строения стеблей на уровне корневой шейки (рис. 3–5):

1) размер сердцевины сравниваемых групп в опытных вариантах превышает контроль на 10...25 %;

2) толщина клеточных стенок трахеид первых трех радиальных приростов ксилемы при обработке электромагнитным полем заметно больше по сравнению с контрольной группой (см. рис. 4);

3) упорядоченность сечений трахеид в радиальных рядах годичных колец выше у вариантов с обработкой электромагнитным полем (см. рис. 4, 5);

4) границы колец ксилемы выражены более значительно при малом увеличении микроскопа у вариантов с обработкой электромагнитным полем;

5) годичные кольца, образованные в 2019 г., по своей анатомической структуре очень близки к контрольному варианту и опыта-2, однако этот вариант, с применением гидрогеля, показал более крупные сечения трахеид в плоскости поперечного среза последнего годичного кольца (см. рис. 5).

6) встречаемость вертикальных смоляных ходов на единицу площади поперечного среза заметно больше в срединных кольцах ксилемы вариантов саженцев после обработки электромагнитным полем (см. рис. 4).

Выводы

Результаты исследования, полученные при сравнении основных биометрических характеристик семян (саженцев): высоты, массы и диаметра корневой шейки, выращенных из семян, обработанных низкочастотным электромагнитным полем по технологии ПОСЭП отдельно и с применением гидрогеля, показали значительные превышения показателей опытных образцов по сравнению с контрольными. Использование технологии ПОСЭП и гидрогеля при посадке в культуры саженцев ели европейской позволило существенно повысить приживаемость опытных образцов и оказать влияние на ускорение ростовых процессов саженцев, обработанных низкочастотным электромагнитным полем.

Гистометрическое исследование показало эффективность влияния обработки электромагнитным полем по технологии ПОСЭП на улучшение анатомического строения саженцев ели европейской.

Таким образом, использование низкочастотного электромагнитного поля и гидрогеля при создании лесных культур является принципиально новым и перспективным направлением, способным решать задачи развития лесного хозяйства РФ.

Список литературы

- [1] Рекомендации по восстановлению искусственным и комбинированным способами хвойных и твердолиственных молодняков на землях лесного фонда (с базовыми технологическими картами на выполненные работы). Пушкино: ВНИИЛМ, 2015. 80 с.
- [2] Луганский Н.А., Залесов С.В., Азаренок В.А. Лесоводство. Екатеринбург: УГЛТА, 2001. 320 с.
- [3] ГОСТ 17.5.3.04–83 Охрана природы (ССОП). Земли. Общие требования к рекультивации земель (с Изменением № 1). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003393> (дата обращения 21.08.2020).
- [4] Romanas L. Effect of cold stratification on the germination of seeds // Physiology of forest seeds. The National Agricultural Research Foundation (NAGREF). Thessaloniki, Greece: Forest Research Institute, 1991, p. 20.
- [5] Смирнов А.И. Влияние низкочастотного электромагнитного поля на всхожесть семян и рост сеянцев сосны обыкновенной в питомниках зоны смешанных лесов: дис. ... канд. с.-х. наук. М., МГУЛ, 2016.
- [6] Смирнов А.И., Орлов Ф.С. Способ предпосевной обработки семян и устройство для его осуществления. Пат. № 2591969 РФ, заявитель и патентообладатель ООО «Разносервис», 2014. Бюл. № 20.
- [7] Смирнов А.И., Орлов Ф.С. Устройство для предпосевной обработки посевного материала. Пат. № 155132 РФ, заявитель и патентообладатель ООО «Разносервис», 2014. Бюл. № 26.
- [8] Sarvaš M, Pavlenda P., Takáčová E. Effect of hydrogel application on survival and growth of pine seedlings in reclamations // Journal of forest science, 2007, v. 53 (5), pp. 204–209.
- [9] Jayant R. Row Conserving Water with Agricultural Hydrogels. URL: <http://www.brighthubengineering.com/hydraulics-civil-engineering/76522-conserving-water-with-agricultural-hydrogels/> (дата обращения 21.08.2020).
- [10] Мырзаханова М.Н., Кушкумбаева А.А. Инновационные возможности поддержания почвенного баланса различных сельскохозяйственных культур // Problems of fighting human and animal diseases in terms of the biosphere conditions deterioration London, 23–29 марта 2016 г., Лондон: Междунар. академия наук и высшего образования, 2016. С. 14–16.
- [11] ГОСТ 3317–90 Сеянцы деревьев и кустарников. Технические условия. URL: https://allgosts.ru/65/020/gost_3317-90 (дата обращения 21.08.2020).
- [12] Ваганов Е.А., Шашкин А.В., Сви́дерская И.В., Высоцкая Л.Г. Гистометрический анализ роста древесных растений. Новосибирск: Наука, 1985. 108 с.
- [13] De Lucas M., Etchells J.P. (Eds.) Xylem – Methods and Protocols. New York: Publishing Humana Press, 2017, p. 260.
- [14] Schweingruber F.H. Wood Structure and Environment (Springer Series in Wood Science). Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2007, p 280
- [15] Свалов Н.Н. Вариационная статистика. М.: МГУЛ, 2001. С. 80.
- [16] Willan R.L. A Guide to Forest Seed Handling with Special Reference to the Tropics. FAO, Rome: Forestry Paper, 1987, no. 20/2. URL: <http://www.fao.org/3/ad232e/AD232E10.htm#fig9.20> (дата обращения 21.08.2020).
- [17] De Souza Torres A., Garcia D., Sueiro L., Licea L., Porras E. Pre-sowing magnetic treatment of tomato seeds effect on the growth and yield of plants cultivated late in the season // Spanish J. Agricultural Research, 2005, no. 3(1), pp. 113–122.

- [18] Mahajan T.S., Pandey O.P. Effect of electric and magnetic treatments on germination of bitter melon (*Momordica charantia*) seed // *International J. Agriculture and Biology*, 2015, no. 17 (2). URL: https://fspublishers.org/published_papers/47334_.pdf (дата обращения 21.08.2020).
- [19] Get transplanting right for seedling survival. Lloyd Phillips, September 11, 2012. URL: <https://www.farmersweekly.co.za/agri-technology/farming-for-tomorrow/get-transplanting-right-for-seedling-survival/> (дата обращения 21.08.2020).
- [20] Gordon G.A. Seed manual for forest trees. UK London: Forestry Commission, 1992, 132 p.

Сведения об авторах

Смирнов Алексей Иванович — канд. с.-х. наук, ООО «Разносервис», 3642737@mail.ru

Орлов Федор Станиславович — канд. с.-х. наук, ООО «Разносервис», ar-6@yandex.ru

Аксенов Петр Андреевич — канд. с.-х. наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), akenov.pa@mail.ru

Никитин Владимир Федорович — канд. с.-х. наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), forestmaster@yandex.ru

Поступила в редакцию 06.10.2020.

Принята к публикации 16.11.2020.

LOW-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD AND HYDROGEL TO INCREASE SURVIVAL RATE AND GROWTH OF EUROPEAN SPRUCE (*PICEA ABIES* L.) SEEDLINGS

A.I. Smirnov¹, F.S. Orlov¹, P.A. Aksenov², V.F. Nikitin²

¹LLC Raznoservice, 10, Likhov per., 127051, Moscow, Russia

²BMSTU (Mytishchi branch), 1, 1st Institutskaya st., 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

3642737@mail.ru

This paper presents the results of a study that was conducted in the Sergiev Posad forestry of the Moscow region forestry Department with the participation of the laboratory of the Department of Forest crops, breeding and dendrology of the BMSTU (Mytishchi branch). This study shows the technology of planting European (*Picea abies* L.), seedlings in culture, which can significantly increase the survival rate of experimental samples and improve their biometric characteristics: height, diameter of the root neck, weight, and also the anatomical structure of seedlings. The experiments were performed using a low-frequency generator «Rost-Active», the author's technology pre-sowing treatment of seeds and seedlings by an electromagnetic field, hydrogel (polymer water-retaining agent) and a method of histometric analysis of cross sections of control and experimental stems of European spruce seedlings. The results of the study indicate a clear positive effect of electromagnetic field and hydrogel on the increase in survival of experimental samples of seedlings of common European spruce in relation to the control. Also, the results of comparative histometric analysis indicate the effectiveness of methods for treating pine seedlings with low-frequency EMF and applying hydrogel to the soil.

Keywords: low frequency electromagnetic field, technology pre-sowing treatment of seeds and seedlings by an electromagnetic field, hydrogel, seedlings of European spruce, morphometry, histometry

Suggested citation: Smirnov A.I., Orlov F.S., Aksenov P.A., Nikitin V.F. *Ispol'zovanie nizkochastotnogo elektromagnitnogo polya i gidrogelya dlya uvelicheniya prizhivaemosti i rosta seyantsev eli evropeyskoy (Picea abies L.)* [Low-frequency electromagnetic field and hydrogel to increase survival rate and growth of European spruce (*Picea abies* L.) seedlings]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 1, pp. 45–52.

DOI: 10.18698/2542-1468-2021-1-45-52

References

- [1] *Rekomendatsii po vosstanovleniyu iskusstvennykh i kombinirovannykh sposobami khvoynnykh i tverdolistvennykh molodnyakov na zemlyakh lesnogo fonda (s bazovymi tekhnologicheskimi kartami na vypolnenie rabot)* [Recommendations for the restoration by artificial and combined methods of coniferous and hard-leaved young stands on the lands of the forest fund (with basic technological maps for work performance)]. Pushkino: VNIILM, 2015, 80 p.
- [2] Lugansky N.A. *Lesovodstvo* [Forestry]. Yekaterinburg: UGLTA, 2001, 320 p.
- [3] *GOST 17.5.3.04–83 Okhrana prirody (SSOP). Zemli. Obshchie trebovaniya k rekul'tivatsii zemel' (s Izmeneniyem № 1)* [Nature Conservation (SSOP). Earth. General requirements for land reclamation (with Amendment No. 1)]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200003393> (accessed 21.08.2020).
- [4] Romanas L. Effect of cold stratification on the germination of seeds. *Physiology of forest seeds*. The National Agricultural Research Foundation (NAGREF). Thessaloniki, Greece: Forest Research Institute, 1991, p. 20.

- [5] Smirnov A.I. *Vliyanie nizkochastotnogo elektromagnitnogo polya na vskhozhest' semyan i rost seyantsev sosny obyknovvennoy v pitomnikakh zony smeshannykh lesov* [Influence of low-frequency electromagnetic field on seed germination and growth of Scots pine seedlings in nurseries of mixed forest zone]. Diss. Cand. Sci. (Agric.). Moscow: MGUL, 2016.
- [6] Smirnov A.I., Orlov F.S. *Sposob predposevnoy obrabotki semyan i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya* [The method of presowing treatment of seeds and a device for its implementation]. Pat. 2591969 of the Russian Federation, applicant and patent holder of LLC Raznoservice, 2014, byul. no. 20.
- [7] Smirnov A.I., Orlov F.S. *Ustroystvo dlya predposevnoy obrabotki posevnogo materiala* [Device for pre-sowing treatment of seed]. Pat. 155132 RF, applicant and patent holder LLC Raznoservice, 2014, byul. no. 26.
- [8] Sarvaš M., Pavlenda P., Takáčová E. Effect of hydrogel application on survival and growth of pine seedlings in reclamations. *J. of forest science*, 2007, v. 53 (5), pp. 204–209.
- [9] Jayant R. Row Conserving Water with Agricultural Hydrogels. Available at: <http://www.brighthubengineering.com/hydraulics-civil-engineering/76522-conserving-water-with-agricultural-hydrogels/> (accessed 21.08.2020).
- [10] Myrzakhanova M.N., Kushkumbaeva A.A. *Innovatsionnye vozmozhnosti podderzhaniya pochvennogo balansa razlichnykh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Innovative possibilities of maintaining the soil balance of various agricultural crops]. Problems of fighting human and animal diseases in terms of the biosphere conditions deterioration, London, 23–29 March 2016 g. London: International Academy of Sciences and Higher Education, 2016, pp. 14–16.
- [11] *GOST 3317–90 Seyantsy derev'ev i kustarnikov. Tekhnicheskie usloviya* [Seedlings of trees and shrubs. Technical conditions]. Available at: https://allgosts.ru/65/020/gost_3317-90.
- [12] Vaganov E.A., Shashkin A.V., Sviderskaya I.V., Vysotskaya L.G. *Gistometricheskii analiz rosta drevesnykh rastenii* [Histometric analysis of the growth of woody plants]. Novosibirsk: Nauka, 1985, 108 p.
- [13] De Lucas M., Etchells J.P. (Eds.) *Xylem – Methods and Protocols*. New York: Publishing Humana Press, 2017, p. 260.
- [14] Schweingruber F.H. *Wood Structure and Environment* (Springer Series in Wood Science). Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2007, p 280
- [15] Svalov N.N. *Variatsionnaya statistika* [Variational statistics]. Moscow: MGUL, 2001, p. 80.
- [16] Willan R.L. *A Guide to Forest Seed Handling with Special Reference to the Tropics*. FAO, Rome: Forestry Paper, 1987, no. 20/2. Available at: <http://www.fao.org/3/ad232e/AD232E10.htm#fig9.20> (accessed 21.08.2020).
- [17] De Souza Torres A., Garcia D., Sueiro L., Licea L., Porras E. Pre-sowing magnetic treatment of tomato seeds effect on the growth and yield of plants cultivated late in the season. *Spanish J. Agricultural Research*, 2005, no. 3(1), pp. 113–122.
- [18] Mahajan T.S., Pandey O.P. Effect of electric and magnetic treatments on germination of bitter gourd (*Momordica charantia*) seed. *International J. Agriculture and Biology*, 2015, no. 17 (2). Available at: https://fspublishers.org/published_papers/47334_.pdf (accessed 21.08.2020).
- [19] Get transplanting right for seedling survival. Lloyd Phillips, September 11, 2012. Available at: <https://www.farmersweekly.co.za/agri-technology/farming-for-tomorrow/get-transplanting-right-for-seedling-survival/> (accessed 21.08.2020).
- [20] Gordon G.A. *Seed manual for forest trees*. UK London: Forestry Commission, 1992, 132 p.

Authors' information

Smirnov Aleksey Ivanovich — Cand. Sci. (Agriculture), LLC «Raznoservis», 3642737@mail.ru

Orlov Fedor Stanislavovich — Cand. Sci. (Agriculture), LLC «Raznoservis», ap-6@yandex.ru

Aksenov Petr Andreevich — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the BMSTU (Mytishchi branch), axenov.pa@mail.ru

Nikitin Vladimir Fedorovich — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the BMSTU (Mytishchi branch), forestmaster@yandex.ru

Received 06.10.2020.

Accepted for publication 16.11.2020.