

ОБРАБОТКА НЕКОНДИЦИОННЫХ СЕМЯН СОСНЫ БАНКСА (*PINUS BANKSIANA* LAMB.) И СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) НИЗКОЧАСТОТНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

А.И. Смирнов¹, Ф.С. Орлов¹, С.Б. Васильев²,
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

Представлены результаты исследования по определению эффективности влияния низкочастотного электромагнитного поля на всхожесть некондиционных семян сосны Банкса (*Pinus banksiana* Lamb.) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Отобраны две пробы семян сосны Банкса, отличающиеся по исходной всхожести (сбор 2008 и 2010 гг.) и одна проба семян сосны обыкновенной (сбор 2012 г.). Лабораторные исследования состояли из трех экспериментов, каждый из которых проведен в трехкратной повторности. Обработка опытной части семян низкочастотным ЭМП проведена с помощью низкочастотного генератора «Рост-Актив» по технологии предпосевной обработки семян электромагнитным полем (контролем служили необработанные семена). Для определения всхожести семена проращивали в лабораторных условиях на специальной растительной (столе Якобсена) с постоянной температурой воды 24 °С (по ГОСТ 13056.6–97). Результаты проведенных лабораторных исследований продемонстрировали высокую эффективность обработки семян по выбранной технологии, что позволяет рассматривать ее как перспективный способ, помогающий восстановить физиологический потенциал семян и повысить их посевные качества после длительного хранения, а это непременно должно улучшить качество посадочного материала.

Ключевые слова: низкочастотное электромагнитное поле, обработка семян, сосна Банкса, сосна обыкновенная, всхожесть, технология ПОСЭП

Ссылка для цитирования: Смирнов А.И., Орлов Ф.С., Васильев С.Б., Аксенов П.А., Никитин В.Ф. Обработка некондиционных семян сосны Банкса (*Pinus banksiana* Lamb.) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) низкочастотным электромагнитным полем // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2020. Т. 24. № 5. С. 59–65. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-5-59-65

Для искусственного воспроизводства лесных насаждений стандартный посадочный материал необходимо выращивать в достаточном количестве [1, 2], а это во многом зависит от посевных характеристик используемых семян [3, 4]. Поскольку древесные растения продуцируют семена не ежегодно и урожайные годы чередуются с неурожайными, то для стабильного процесса возобновления продуктивности лесов специализированные хозяйства заготавливают и закладывают на хранение до нескольких тонн семян хвойных и лиственных пород [5, 6]. Хранение можно охарактеризовать как сохранение жизнеспособных семян со времени сбора до тех пор, пока они не понадобятся для посева [7]. Однако в процессе вынужденного длительного хранения семена утрачивают свои посевные качества, и это приводит к значительному снижению их всхожести и, как следствие, к переходу в более низкую качественную категорию [8–10]. Сложившаяся в лесном хозяйстве ситуация с семенами вызывает необходимость искать приемы подготовки их к посеву, которые могли бы существенно повысить их всхожесть.

Последние достижения в области физики [11–13] открывают исследователям новые возможности для разработки современных, эффективных и

экологически безопасных методов повышения посевных качеств семян. На сегодняшний день уже хорошо известно о положительном влиянии на урожайность сельскохозяйственных растений предпосевной обработки семян сельхозкультур электромагнитным полем (ЭМП) [14–16]. Так, по результатам поставленных опытов, выявлено повышение энергии прорастания и лабораторной всхожести семян сои, пшеницы, кукурузы, томатов и подсолнечника после их обработки слабыми низкочастотными магнитными полями [17–19]. В литературных источниках отмечается повышение урожайности сельхозпродукции, выращенной из обработанного семенного материала [20–22]. Для лесного хозяйства России, использование ЭМП как способа повышения качества посевного материала является новым направлением, поскольку до сих пор положительный эффект применения низкочастотного ЭМП к семенам хвойных пород пока мало изучен. [23].

Цель работы

Цель работы — определение возможности повышения всхожести семян хвойных видов с помощью технологии предпосевной обработки семян электромагнитным полем (ПОСЭП).

Объекты и методы исследования

По нашему мнению, для исследования особый интерес представляют семена, которые в результате длительного хранения утратили свои изначальные посевные качества, т. е. их всхожесть понизилась. С учетом положительного опыта обработки семян ЭМП в сельском хозяйстве в лаборатории кафедры лесных культур, селекции и дендрологии (ЛТ1) МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал) в декабре 2017 г. нами проведен эксперимент по обработке семян сосны Банкса (*Pinus banksiana* Lamb.) и сосны обыкновенной низкочастотным ЭМП по технологии ПОСЭП с помощью низкочастотного генератора «Рост-Актив» (рис. 1) [24]. Сухие семена подвергли обработке ЭМП с частотой 16 Гц при возрастающем значении индукции магнитного поля от 0,4 до 2,0 мТл, времени экспозиции 11 мин



Рис. 1. Низкочастотный генератор «Рост-Актив» в процессе обработки семян

Fig. 1. Low-frequency generator «Rost-Aktiv» in the process of seed treatment



Рис. 2. Процесс обработки семян низкочастотным электромагнитным полем

Fig. 2. The process of seed treatment with a low-frequency electromagnetic field

(рис. 2) [25]. Контролем служили необработанные семена. Отбор образцов проводили в соответствии с ГОСТ 13056.1–67. Семена проращивали в лабораторных условиях по ГОСТ 13056.6–97. Всхожесть определяли на 15-й день. В сравнениях участвовали два варианта проб: 1) контроль — семена необработанные; 2) опыт — семена, обработанные ЭМП.

Результаты и обсуждение

Рассмотрим три варианта эксперимента.

1. Проращивание некондиционных семян сосны Банкса с очень низкой всхожестью из партии с длительным сроком хранения (сбор 2008 г.). Во всех повторностях опытные показатели имели значения выше контрольных (рис. 3, табл. 1).

На основании приведенных данных можно сделать вывод о максимальной всхожести некондиционных семян во всех повторностях, где превышение опытного варианта над контрольным достигло 84 %. Однако средний показатель всхожести в опытном варианте не достигает стандартного значения характерного для 3-го класса качества семян (65 % по ГОСТ 14161–86) и составляет 30,3 %. Различие средних показателей всхожести сравниваемых вариантов достоверно на пятипроцентном уровне значимости (табл. 2).

2. Проращивание некондиционных семян сосны Банкса с низкой всхожестью из партии с менее длительным сроком хранения (сбор 2010 г.). Во всех повторностях опытные показатели превышали контрольные (табл. 3, 4).

Данные табл. 3 указывают на лучшее качество семян из партии с менее длительным сроком хранения. Варьирование превышений относительных значений всхожести сравниваемых вариантов значительно ниже, чем в предыдущем эксперименте. Превышение опытного варианта над контрольным составляло не более 65 %. Однако как и в первом случае, средний показатель всхожести не достиг стандартного значения, характерного для 3-го класса качества семян. Различие средних показателей всхожести сравниваемых вариантов также достоверно на пятипроцентном уровне значимости (см. табл. 4).

При анализе данных табл. 1 и 2 можно утверждать, что в обоих экспериментах предпосевная обработка ЭМП семян сосны Банкса положительно отразилась на их всхожести. Если у семян с меньшим сроком хранения эффект обработки составляет 52,5 %, то у семян длительного хранения обработка повысила всхожесть на 62,3 %.

3. Проращивание некондиционных семян сосны обыкновенной с минимальным сроком хранения (сбор 2012 г.). Во всех повторностях опытные показатели имели значения выше контрольных (табл. 5, 6.)

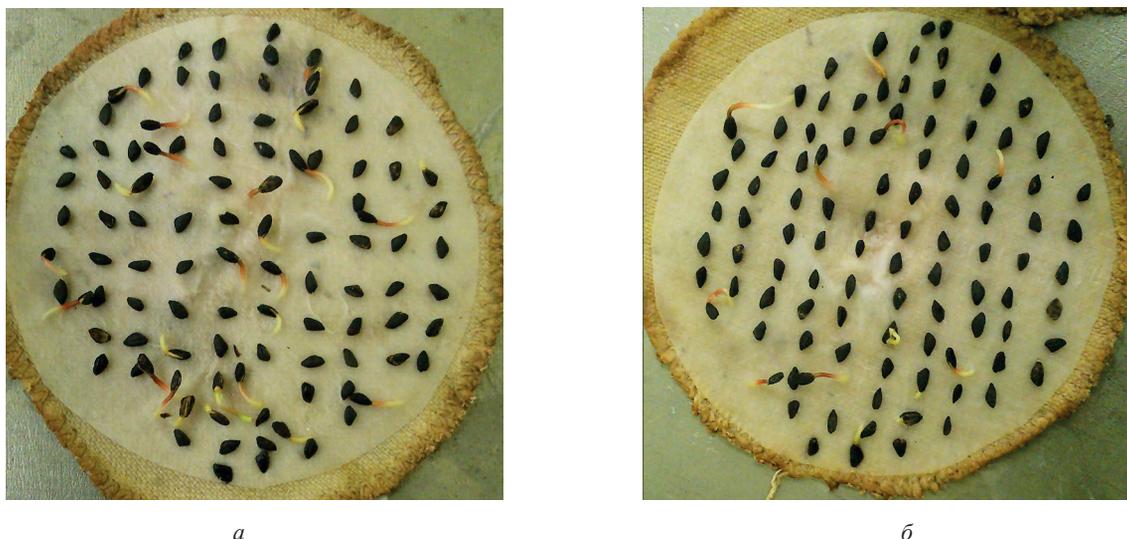


Рис. 3. Прорастание семян сосны Банкса на 5-й день: *a* — опыт, *б* — контроль
 Fig. 3. Germination of Banksian pine seeds on the 5th day: *a* — experiment, *б* — control

Т а б л и ц а 1

Всхожесть (%) некондиционных семян сосны Банкса на 15-й день
Germination (%) of substandard Banksian pine seeds on the 15th day

Номер повторности	Необработанные семена (контроль)	Обработанные ЭМП семена	Всхожесть относительно контроля, %
0	21	29	138
1	18	26	144
2	19	35	184
3	17	31	182

Т а б л и ц а 2

Результаты статистической обработки показателей всхожести некондиционных семян сосны Банкса на 15-й день (стандартное значение *t*-критерия достоверности различий ($t_{st} = 4,3$) при заданном уровне значимости ($\alpha = 0,05$))

Results of statistical processing of germination indices of substandard Banksian Pine seeds on the 15th day (the standard value of the *t*-test of reliability differences ($t_{st} = 4,3$) at a given level of significance ($\alpha = 0,05$))

Статистический показатель	Среднее арифметическое и ошибка среднего ($M \pm m_M$), %	Расчетный <i>t</i> -критерий достоверности различий (t_p) между выборками
Необработанные семена (контроль)	18,8 ± 0,9	5,47
Обработанные ЭМП семена	30,3 ± 1,9	
Всхожесть относительно контроля	162,3 ± 12,2	—

Т а б л и ц а 3

Всхожесть (%) некондиционных семян сосны Банкса на 15-й день
Germination (%) of substandard Banksian pine seeds on the 15th day

Номер повторности	Необработанные семена (контроль)	Обработанные ЭМП семена	Всхожесть относительно контроля, %
0	28	46	164
1	31	43	139
2	22	36	164
3	30	43	143

Т а б л и ц а 4

Результаты статистической обработки показателей всхожести некондиционных семян сосны Банка на 15-й день (стандартное значение t -критерия достоверности различий ($t_{st} = 4,3$) при заданном уровне значимости ($\alpha = 0,05$))

Results of statistical processing of germination indices of substandard Banksian Pine seeds on the 15th day (the standard value of the t -test for the significance ($t_{st} = 4,3$) at a given level of significance ($\alpha = 0,05$))

Статистический показатель	Среднее арифметическое и ошибка среднего ($M \pm m_M$), %	Расчетный t -критерий достоверности различий (t_p) между выборками
Необработанные семена (контроль)	27,8 ± 2,0	4,90
Обработанные ЭМП семена	42,0 ± 2,1	
Всхожесть относительно контроля	152,5 ± 6,7	–

Т а б л и ц а 5

Всхожесть (%) некондиционных семян сосны обыкновенной на 15-й день

Germination (%) of substandard Common pine seeds on the 15th day

Номер повторности	Необработанные семена (контроль)	Обработанные ЭМП семена	Всхожесть относительно контроля, %
0	52	66	127
1	51	77	151
2	60	73	122
3	48	78	163

Т а б л и ц а 6

Результаты статистической обработки показателей всхожести некондиционных семян сосны обыкновенной на 15-й день (стандартное значение t -критерия достоверности различий ($t_{st} = 4,3$) при заданном уровне значимости ($\alpha = 0,05$))

Results of statistical processing of germination indices of substandard Common pine seeds on the 15th day (the standard value of the t -criterion of reliability differences ($t_{st} = 4,3$) at a given level of significance ($\alpha = 0,05$))

Статистический показатель	Среднее арифметическое и ошибка среднего ($M \pm m_M$), %	Расчетный t -критерий достоверности различий (t_p) между выборками
Необработанные семена (контроль)	52,8 ± 2,6	5,52
Обработанные ЭМП семена	73,5 ± 2,7	
Всхожесть относительно контроля	140,5 ± 9,7	–

Данные табл. 5 показывают увеличение всхожести до 73,5 %, что на 40 % выше контрольных значений. Различие средних показателей всхожести сравниваемых вариантов также достоверно на пятипроцентном уровне значимости (табл. 6).

Таким образом, в результате обработки ЭМП некондиционные семена по показателям всхожести практически достигли 3-го класса качества.

Выводы

На основании результатов лабораторных исследований сделано заключение о положительном влиянии на посевные характеристики семян сосны Банка и сосны обыкновенной предпосевной обработки некондиционных семян низкочастотным ЭМП по технологии ПОСЭП. После такой обработки повышается всхожесть семян соответственно до 42 и 73 %. Наблюдаемая разни-

ца объясняется стимулирующим действием ЭМП на физиологические процессы, которые происходят при выходе семян из состояния покоя.

Список литературы

- [1] Родин А.Р. Интенсификация выращивания лесопосадочного материала. М.: Агропромиздат, 1989. 78 с.
- [2] Мелехов И.С. Лесоведение. М.: МГУЛ, 2002. 398 с.
- [3] Булыгин Н.Е., Ярмишко В.Т. Дендрология. М.: МГУЛ, 2001. 528 с.
- [4] Редько Г.И., Мерзленко М.Д., Бабич Н.А. Лесные культуры. СПб.: ГЛТА, 2005. 556 с.
- [5] 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.
- [6] Орехова Т.П. Создание долговременного банка семян древесных видов — реальный способ сохранения их генофонда // Хвойные бореальной зоны, XXVII, 2010. № 1–2. С. 25–31.

- [7] Willan R.L. A Guide to Forest Seed Handling with Special Reference to the Tropics. FAO, Rome: Forestry Paper, 1987, no. 20/2.
- [8] Gordon G.A. Seed manual for forest trees. UK London: Forestry Commission, 1992, 132 p.
- [9] Смирнов С.Д. Опыт лесного семеноводства и селекции // Обзорная информация Центрального бюро научно-технической информации Госкомлеса. М.: ЦБНТИ лесного хозяйства, 1974. С. 20.
- [10] 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 01.05.2020).
- [11] Пентелькина Н.В. Проблемы выращивания посадочного материала в лесных питомниках и пути их решения // Актуальные проблемы лесного комплекса. Сб. науч. тр. Вып. 31. Брянск: ФГБОУ ВО Брянский государственный инженерно-технологический университет, 2012. С. 189–193.
- [12] Martynyuka V.S., Tseyslyera Yu.V., Temuryants N.A. Interference of the Mechanisms of Influence That Weak Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields Have on the Human Body and Animals // *Izvestiya Atmospheric and Oceanic Physics*, 2012, v. 48, no. 8, pp. 832–846.
- [13] Ксенз Н.В., Качеишвили С.В. Анализ электрических и магнитных воздействий на семена // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*, 2000. № 5. С. 10–12.
- [14] De Souza Torres A., Garcia D., Sueiro L., Licea L., Potras 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.
- [15] Голдаев В.К. Электрическое поле и урожай // *Сельское хозяйство*, 1980. № 4. С. 30–31.
- [16] Fischer G., Tausz M., Kock M., Grill D. Effect of Weak 16 HZ Magnetic Fields on Growth Parameters of Young Sunflower and Wheat Seedlings // *Bioelectromagnetics*, 2004, no. 25 (8), pp. 638–641.
- [17] Комиссаров Г.Г. Влияние флуктуирующего электромагнитного поля на ранние стадии развития растений // Доклады РАН, 2006. Т. 406. № 1. С. 108–110.
- [18] Бекбулатов З.Т., Порфирьев Н.П. Использование омагниченной воды для полива арбузов // Информационный листок. Астрахань: Астраханский центр научно-технической информации, 1986. № 191.
- [19] Penuelas J., Llusia J., Martinez B., Fontcuberta J. Diamagnetic Susceptibility and Root Growth Responses to Magnetic Fields in *Lens culinaris*, *Glycine soja*, and *Triticum aestivum* // *Electromagnetic Biologu and Medicine*, 2004, v. 23, no. 2, pp. 97–112.
- [20] Рубцова Е.И., Хныкина А.Г. Влияние импульсного электрического поля на энергию прорастания семян сои // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*, 2009. № 12. С. 26–27.
- [21] 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://fsublishers.org/published_papers/47334_.pdf (дата обращения 01.05.2020).
- [22] Старухин Р.С., Белицин И.В., Хомутов О.И. Метод предпосевной обработки семян с использованием эллиптического электромагнитного поля // *Ползуновский вестник*, 2009. № 4. С. 97–103.
- [23] 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. Москва, МГУЛ, 2016.
- [24] Смирнов А.И., Орлов Ф.С. Устройство для предпосевной обработки посевного материала. Пат. № 155132 РФ, заявитель и патентообладатель ООО «Разносервис», 2014. Бюл. № 26.
- [25] 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.

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

Васильев Сергей Борисович — канд. с.-х. наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), svasilyev@mgul.ac.ru

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

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

Поступила в редакцию 23.03.2020.

Принята к публикации 26.05.2020.

PROCESSING OF SUBSTANDARD SEEDS OF BANKSA PINE (*PINUS BANKSIANA* LAMB.) AND COMMON PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) BY A LOW-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD

A.I. Smirnov¹, F.S. Orlov¹, S.B. Vasil'ev², 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 laboratory of the LT1 Department of the Moscow state technical University. N.E. Bauman in December 2017. The aim of the study was to study the effect of a low-frequency electromagnetic field (EMF) on the germination of substandard seeds of banksia pine (*Pinus banksiana* Lamb.) and common pine (*Pinus sylvestris* L.). Two samples of banksia pine seeds that differ in their initial germination (2008 and 2010 collection) and one sample of common pine seeds (2012 collection) were selected for the study. Laboratory studies included 3 experiments, each in 3-fold repetition. Treatment experienced of the seeds of low-frequency EMFs was performed using a low frequency generator «Growth-Active» technology POSEP (pre-sowing seed treatment with electromagnetic field), served as control untreated seeds. To determine the germination energy, the seeds were sprouted in the laboratory on a special plant (Jacobsen's table), with a constant water temperature of 24° C (according to GOST 13056.6–97). The results of the laboratory tests showed a high effectiveness of seed treatment technology POSEP, it can be regarded as a promising way to reveal the physiological potential of seeds of coniferous species, and it is bound to affect the quality of planting material.

Keywords: low-frequency electromagnetic field, seed treatment, Banksia pine, Common pine, germination, POSEP technology

Suggested citation: Smirnov A.I., Orlov F.S., Vasil'ev S.B., Aksenov P.A., Nikitin V.F. *Obrabotka nekonditsionnykh semyan sosny Banksia (Pinus Banksiana Lamb.) i sosny obyknovnoy (Pinus sylvestris L.) nizkочастотным электромагнитным полем* [Processing of substandard seeds of Banksia pine (*Pinus Banksiana* Lamb.) and Common pine (*Pinus sylvestris* L.) by a low-frequency electromagnetic field]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2020, vol. 24, no. 5, pp. 59–65. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-5-59-65

References

- [1] Rodin A.R. *Intensifikatsiya vyrashchivaniya lesoposadochnogo materiala* [Intensification of growing planting material]. Moscow: Agropromizdat, 1989, 78 p.
- [2] Melekhov I.S. *Lesovedenie* [Forest science]. Moscow: MGUL, 2002, 398 p.
- [3] Bulygin N.E., Yarmishko V.T. *Dendrologiya* [Dendrology]. Moscow: MGUL, 2001, 528 p.
- [4] Red'ko G.I., Merzlenko M.D., Babich N.A. *Lesnye kul'tury* [Forest crops]. St. Petersburg: GLTA, 2005, 556 p.
- [5] 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.
- [6] Orekhova T.P. *Sozdanie dolgovremennogo banka semyan drevesnykh vidov — real'nyy sposob sokhraneniya ikh genofonda* [Creating a long-term seed bank of woody species is a real way to preserve their gene pool]. *Khvoynye boreal'noy zony* [Conifers of the boreal zone], XXVII, 2010, no. 1–2, pp. 25–31.
- [7] Willan R.L. *A Guide to Forest Seed Handling with Special Reference to the Tropics*. FAO, Rome: Forestry Paper, 1987, no. 20/2.
- [8] Gordon G.A. *Seed manual for forest trees*. UK London: Forestry Commission, 1992, 132 p.
- [9] Smirnov S.D. *Opyt lesnogo semenovodstva i selektsii* [The experience of forest seed production and selection]. *Obzornaya informatsiya TsBNTI Goskomlesa* [Overview of the Central Scientific and Technical Library of Goskomles]. Moscow: TSBNTI forestry, 1974, p. 20.
- [10] 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 01.05.2020).
- [11] Pentel'kina N.V. *Problemy vyrashchivaniya posadochnogo materiala v lesnykh pitomnikakh i puti ikh resheniya* [Problems of growing planting material in forest nurseries and ways to solve them]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa* [Actual problems of the forest complex. Sat scientific tr.] vol. 31. Bryansk: BGITA, 2012, pp. 189–193.
- [12] Martynyuka V.S., Tseyslyera Yu.V., Temuryants N.A. Interference of the Mechanisms of Influence That Weak Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields Have on the Human Body and Animals. *Izvestiya Atmospheric and Oceanic Physics*, 2012, v. 48, no. 8, pp. 832–846.
- [13] Ksenz N.V., Kacheishvili S.V. *Analiz elektricheskikh i magnitnykh vozdeystviy na semena* [Analysis of electrical and magnetic effects on seeds]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva* [Mechanization and Electrification of Agriculture], 2000, no. 5, pp. 10–12.
- [14] 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.
- [15] Goldaev V.K. *Elektricheskoe pole i urozhay* [Electric field and harvest]. *Sel'skoe khozyaystvo* [Agriculture], 1980, no. 4, pp. 30–31.
- [16] Fischer G., Tausz M., Kock M., Grill D. Effect of Weak 16 HZ Magnetic Fields on Growth Parameters of Young Sunflower and Wheat Seedlings. *Bioelectromagnetics*, 2004, no. 25 (8), pp. 638–641.

- [17] Komissarov G.G. *Vliyaniye fluktuiruyushchego elektromagnitnogo polya na rannie stadii razvitiya rasteniy* [The influence of a fluctuating electromagnetic field on the early stages of plant development]. Doklady AN, 2006, v. 406, no. 1, pp. 108–110.
- [18] Bekbulatov Z.T., Porfir'ev N.P. *Ispol'zovanie omagnichennoy vody dlya poliva arbuzov* [The use of magnetized water for watering watermelons]. Informatsionnyy listok [Information leaflet]. Astrakhan: Astrakhan Central Scientific Research Institute, 1986, no. 191.
- [19] Penuelas J., Llusia J., Martinez B., Fontcuberta J. Diamagnetic Susceptibility and Root Growth Responses to Magnetic Fields in *Lens culinaris*, *Glycine soja*, and *Triticum aestivum*. *Electromagnetic Biologu and Medicine*, 2004, v. 23, no. 2, pp. 97–112.
- [20] Rubtsova E.I., Khnykina A.G. *Vliyaniye impul'snogo elektricheskogo polya na energiyu prorstaniya semyan soi* [The effect of a pulsed electric field on the energy of germination of soybean seeds]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva* [Mechanization and Electrification of Agriculture], 2009, no. 12, pp. 26–27.
- [21] 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). URL: https://fscpublishers.org/published_papers/47334_.pdf (accessed 01.05.2020).
- [22] Starukhin R.S., Belitsin I.V., Khomutov O.I. *Metod predposevnoy obrabotki semyan s ispol'zovaniem ellipticheskogo elektromagnitnogo polya* [The method of presowing seed treatment using an elliptical electromagnetic field]. *Polzunovskiy vestnik* [Polzunovsky Bulletin], 2009, no. 4, pp. 97–103.
- [23] Smirnov A.I. *Vliyaniye nizkochastotnogo elektromagnitnogo polya na vskhozhest' semyan i rost seyantsev sosny obyknovnoy v pitomnikakh zony smeshannykh lesov* [Influence of a low-frequency electromagnetic field on seed germination and growth of common pine seedlings in nurseries of a zone of mixed forests]. Dis. Sci. (Agric.). Moscow, Moscow State University, 2016.
- [24] 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.
- [25] 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.

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

Vasil'ev Sergey Borisovich — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the BMSTU (Mytishchi branch), svasilyev@mgul.ac.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 23.03.2020.

Accepted for publication 26.05.2020.