

БИОЛОГО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБЕСКРЫЛИВАНИЯ СЕМЯН МЕЛКОСЕМЕННЫХ ДЕРЕВЬЕВ ХВОЙНЫХ ПОРОД

А.Р. РОДИН, *проф. МГУЛ, засл. лесовод РСФСР, д-р с.-х. наук*

Е.А. КАЛАШНИКОВА, *проф. РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, д-р биол. наук*

kalash0407@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»

141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет–МСХА имени К.А. Тимирязева»,

Москва, 127550, ул. Тимирязевская, д.49

Приводится биолого-теоретический анализ существующих способов механического и влажного обескрыливания семян хвойных пород. Проводится сравнение российских и шведских технологий обескрыливания семян хвойных пород. Авторами утверждается, что применение машин МОС-1 и МОС-1А для очистки и сортировки семенного материала нежелательно, так как их использование приводит к механическим повреждениям семян, что приводит к снижению их посевных качеств и сокращению срока хранения. Наиболее перспективный способ – «влажный», так как он исключает травмирование семенного материала и не снижает посевные качества семян. Этот способ предусматривает равномерное увлажнение семян и отделение от них крылаток. Данный способ обескрыливания семян мелкосеменных деревьев хвойных пород широко применяется на практике в лесном хозяйстве в Швеции. Предлагаемый способ обескрыливания семян является экологически оправданным, сохраняющим жизнеспособность и генетическое состояние семян. Кроме того, этот способ экономически оправдан, так как стоимость семян весьма велика, в Российской Федерации 1 кг семян стоит около 100\$ США, а в Швеции – 2–3 тыс. \$ США. Однако в предлагаемой технологии не приводятся режимы и продолжительность всех выполняемых операций, например, сепарация, подсушка и т.д. Поэтому для широкого внедрения в производство «влажного» способа обескрыливания семян необходимо проводить дополнительные исследования по оптимизации данного технологического процесса. Необходимо оптимизировать каждую операцию, например, мощность слоя семян, подлежащих обескрыливанию и степень его увлажнения, периодичность ворошения и применяемое при этом орудие, продолжительность увлажнения, технология отвеивания и другие операции.

Ключевые слова: обескрыливание, микроповреждения, сепарация, хранение, генетическое состояние, биологическая энергия.

Фундаментом искусственно выращиваемых лесов являются семена, к которым предъявляют повышенные требования. Это объясняется тем, что многие свойства и особенности выращиваемых насаждений определяются наследственностью, отраженной в генетическом коде семян и наличием в семени биологической энергии. От этого зависит грунтовая всхожесть, формирование проростка, рост всходов и сеянцев. В последующем это сказывается на росте лесных культур.

Основная задача лесного семеноводства состоит не только в получении высококачественных семян, но и сохранении их жизнеспособности, биологической энергии и генетического состояния уродившихся семян до посева в грунт. Качество семян, в частности, зависит от срока их сбора. В связи с этим, семена необходимо собирать при достижении ими урожайной спелости. В это время семенной материал находится в состоянии покоя, а обмен веществ только «тлеет». В этом случае срок хранения обескрыленных семян увеличивается. Вместе с тем, в справочниках и публикациях [1] рекомендуется собирать шишки

мелкосеменных хвойных пород в более ранние сроки и независимо от лесорастительной зоны и лесосеменного района. Для хвойных пород это нецелесообразно.

В процессе получения семян из шишек мелкосеменных деревьев хвойных пород качество уродившегося семенного материала снижается. В концепции Федеральной целевой программы развития лесного семеноводства на период 2009–2020 гг. говорится: «В настоящее время большая часть семян получает микроповреждения при переработке лесосеменного сырья с использованием морально и физически устаревшего оборудования. Такие семена не могут храниться и быстро теряют кондиционные посевные качества» [2]. Микроповреждения семена получают в значительной степени при их обескрыливании на машинах для очистки и сортировки семенного материала МОС-1 и МОС-1А. При этом в большем количестве повреждаются крупные семена. Следовательно, использование МОС-1 и МОС-1А нежелательно из-за механических повреждений семян, ведущих к снижению их посевных качеств и сокращению срока хранения.

Исследования сельскохозяйственных семян показали, что на механические повреждения, т.е. стрессы, семена реагируют выделением в окружающую среду микроколичества летучих физиологически активных веществ, оказывающих ингибирующее действие на семена. При этом в большей степени реагирует энергия прорастания и в меньшей – всхожесть [3]. Эта закономерность наблюдается и у семян хвойных пород. Например, при 18-летнем хранении семян сосны обыкновенной энергия прорастания снизилась с 97 до 1 %, а всхожесть – с 99 до 28,3 %. Нами установлено, что в семенах происходят, прежде всего, генетические изменения. В нашем опыте количество хромосомных aberrаций возросло с 1,2 до 15 %. Следовательно, первоначально происходят генетические изменения, а затем энергия прорастания и всхожесть [4]. К сожалению, при закладке семян на длительное хранение не учитывают весь комплекс взаимосвязанных показателей (генетическое состояние, энергия прорастания, всхожесть), надежно характеризующих качество семенного материала.

Наши поисковые исследования семян ели европейской показали также наличие хеоммуникации между здоровыми и механически поврежденными семенами, но проявляемой менее рельефно, чем у сельскохозяйственных культур. В процессе совместного хранения кондиционных и механически поврежденных семян количество травмированных, по нашему мнению, будет увеличиваться не только за счет воздействия стрессовых семян на здоровые, но и за счет вновь образовавшихся в процессе хранения поврежденных семян. Последние сами становятся излучателями физиологически активных веществ ингибирующего действия. Происходит то же, что и при наличии в партии семян с грибными заболеваниями.

С начала прошлого века в нашей стране применялся «влажный» способ обескрыливания семян сосны и ели (М.М. Гайдовский-Потапович, 1905; А.П. Тольский, 1932; В.П. Коверин, 1932; К.Ф. Мирод, 1945 и др.), но он был незаслуженно забыт. Он, например, применялся в Пречистенском лесхозе и Даниловском леспромхозе Ярославской области, Тарногском леспромхозе Вологодской области и других хозяйствах [5]. В этом случае

необескрыленные семена рассыпались тонким слоем на брезент и слегка увлажнялись однократным разбрызгиванием воды, а затем проводилось систематическое ворошение. В процессе этого семена равномерно увлажнялись, а затем подсыхали. Через 3–4 часа крылатки легко отделялись от семян отвеиванием. Исследования, проведенные в 1960 г. Костромской контрольной станцией лесных семян, показали, что «влажное обескрыливание» не наносит механических повреждений семенам и не снижает их посевные качества [5]. Использование технологии «влажного» способа обескрыливания семян хвойных пород исключает травмирование семенного материала [5, 6]. Для предотвращения грибных заболеваний семян Костромская контрольная станция рекомендует в воду, используемую для увлажнения семян при обескрыливании, добавлять раствор формалина (0,15 %), марганцевокислого калия (0,25 %) и т.д.

Способ «водного» обескрыливания был забыт, во-первых, потому, что появилась высокопроизводительная, электромеханическая машина для обескрыливания и сортировки семян МОС-1. Во-вторых, отсутствовали научные исследования, обосновывающие оптимальные режимы выполняемых операций (величина слоя семян, степень и продолжительность увлажнения, периодичность и интенсивность ворошения, генетические и качественные изменения в процессе их хранения и т.д.). При выполнении исследований, обеспечивающих оптимизацию всех операций, «влажный» способ должен найти широкое применение в лесном семеноводстве России.

В настоящий момент рекламируется шведская технология обескрыливания семян мелкосеменных деревьев хвойных пород «влажным» способом [1, 7, 8]. В этом случае семена с влажностью 8–10 % поступают в обескрыливатель, состоящий из вращающегося барабана, наполненного 6–7 кг семян, куда из форсунки в течение 15-минутного обескрыливания подается около одного литра воды в распыленном состоянии. Семена при этом равномерно увлажняются, крылатки отделяются от семян. По окончании процесса обескрыливания через форсунки подается теплый сухой воздух для подсушивания семян. После этого семена и крылатки удаляются из обескрыливателя [1, 8]. О степени увлаж-

нения и подсушивания семян в публикациях и рекламных материалах [8] не сообщается, лишь говорится о состоянии семян и крылаток [1, 8]. В то же время, в некоторых публикациях говорится о том, что «за счет интенсивного поглощения влаги семенем крылатка, не впитывающая влагу, отпадает» [9]. В другой публикации сообщается, что в процессе обескрыливания «семена увлажняют – они набухают и отбрасывают крылатку так же легко, как и в природе» [7].

Известно, что качество семян во многом зависит от их влажности. В связи с этим мы попытались установить процент влажности семян в конце процесса их обескрыливания по шведской технологии. Первоначально определили объем семени ели европейской ($V_{\text{ср}} = 6,25953 \text{ мм}^3$) и площадь боковой поверхности ($S_{\text{ср}} = 19,2584 \text{ мм}^2$) для отобранной партии 100 семян. С учетом этого были проведены расчеты влажности семян в конце их обескрыливания. Они показали, что влажность семян увеличилась с 8–10 % до 20–25 %.

Первые физиолого-биохимические изменения в семенах хвойных пород начинаются после их намачивания водой до влажности 20–25 % [10, 11]. В этом случае в семенах активизируются имеющиеся гидролитические ферменты и ферменты аминокислотного обмена. Одновременно усиливается дыхание, которое в это время идет, главным образом, за счет гликолиза. Вместе с тем, при намачивании семян рвутся водородные связи воды за счет биохимических процессов, происходящих в семенах, и изменения энергетического состояния воды.

Усиление биологической активности семян с повышением их влажности подтверждается исследованиями Е.П. Верховцева. Он установил, что интенсивность дыхания семян лиственницы сибирской при их влажности 24 % и температуре 15 °С характеризуется выделением CO_2 в течение 30 суток в количестве 391,7 мг на 1 кг сухого вещества, а при влажности 7,1 % – 22,6 мг. С повышением температуры до 25 °С выделение CO_2 резко увеличивается – при влажности семян 7,1 % и 17,9 % выделение CO_2 составляет соответственно 121 и 424 мг.

После обескрыливания и подсушки семян по шведской технологии они поступают в жидкостной сепаратор. Он предназначен для

удаления из массы семян механически поврежденных, пораженных насекомыми, а также прочих частиц. При этом авторы утверждают, что сильно поврежденные семена быстро поглощают воду, становятся тяжелыми и опускаются на дно сепаратора. Удаление семян с небольшими механическими повреждениями также происходит в жидкостном сепараторе. Но при этом семена первоначально в течение 5 мин находятся в вакууме, затем давление выравнивается до уровня атмосферного. Семена, находящиеся в условиях вакуума, приобретают способность к более интенсивному поглощению влаги, быстро намокают и опускаются на дно жидкостного сепаратора [1, 8].

Водная сепарация семян мелкосеменных хвойных пород по шведской технологии интересна и оригинальна. В связи с этим нами был проведен эксперимент по сепарации хранившихся семян ели европейской кондиционных и на 100 % травмированных. Погружение семян в воду произошло не сразу, через сутки на дно сосуда опустилось 88,6 % семян из полностью травмированных, а из кондиционных – 79,0 %.

Сравнительный анализ различных способов обескрыливания семян мелкосеменных хвойных пород говорит о том, что шведская технология вызывает интерес. Однако в ней не приводятся режимы и продолжительность всех выполняемых операций (сепарация, подсушка и т.д.) и их влияние на жизнеспособность семян и их генетическое состояние. Например, неясно, обеспечивают ли выполняемые операции оптимальные условия для полного сохранения жизнеспособности уродившихся семян и их генетического состояния. Не объясняется, почему семена в барабане увлажняются в течение 15 мин. При «влажном» обескрыливании семян хвойных пород в установке АМО-5, конструкции ВНИИЛМ, увлажнение проводится в течение 10 мин, т.е. в 1,5 раза меньше, чем в шведской технологии [12]. По нашему мнению, нельзя с уверенностью утверждать, что шведская технология обескрыливания и водная сепарация полностью сохраняет биологическую энергию семени, его жизнеспособность и не ведет к генетическим изменениям. Это подтверждается, в частности, тем, что семена при обескрыливании и водной сепарации

дважды подвергаются намачиванию и подсушиванию, а часть семян при этом получают микроповреждения [1, 8].

Намачивание семян активизирует физиолого-биохимические процессы, а подсушивание – замедляет их. Переменное увлажнение семян усиливает процессы жизнедеятельности и расход запасного питательного вещества – биологическая система семени переходит в возбужденное состояние, благодаря которому осуществляются многие физиолого-биохимические процессы [13], значимость которых при использовании шведской технологии обескрыливания семян и их сепарации не установлена.

При выращивании посадочного материала с закрытой корневой системой в Швеции рекомендуют использовать семена хвойных пород высокого уровня со всхожестью не ниже 95 % [8]. Однако высокая степень всхожести не дает достоверной оценки жизнеспособности семян и их генетического состояния, а также возможной продолжительности сохранения посевных качеств при хранении [4]. Наши исследования показали, что при хранении снижение качества семян происходит, прежде всего, на генетическом уровне, затем уменьшается энергия прорастания и лишь потом всхожесть. Например, после 6-летнего хранения семян сосны обыкновенной всхожесть снизилась несущественно – с 99 ± 1 % до 91 ± 3 %, тогда как количество хромосомных aberrаций увеличилось с $1,2 \pm 0,1$ % до $5,8 \pm 0,6$ %, т.е. в 4,8 раза [4].

Шведы утверждают, что «семена, подсушенные до влажности 5,7 % и при температуре в холодильной камере от -5 до -20 °C, хранятся 30–40 лет без существенной потери их посевных качеств». Утверждение «без существенной потери посевных качеств» не подтверждается энергией прорастания, всхожестью и тем более генетическими исследованиями. В оптимальных условиях хранения семена сохраняют жизнеспособность 30–40 лет, но в какой степени – не указывается. В этот период посевные качества и биологическая энергия семян, несомненно, снижаются, одновременно происходят генетические изменения. Нами установлено, что в первый период дли-

тельного хранения семян происходят менее интенсивные изменения, чем в дальнейшем.

Проведенные исследования позволяют сделать выводы:

– применяемые в настоящее время в России и Швеции способы обескрыливания семян мелкосеменных деревьев хвойных пород наносят микроповреждения семенному материалу, не обеспечивают, при длительном их хранении, сохранение жизнеспособности семян, биологической энергии и генетического состояния;

– основным способом обескрыливания следует считать «влажный», предложенный и применяемый с начала XIX века лесоводами России и исключаящий травмирование семян. Хотя этот способ менее производителен, чем механический при использовании МОС-1 и МОС-1А, но он экологически оправдан, позволяет сохранить качество уродившихся семян, стоимость которых весьма велика. В Российской Федерации 1 кг семян стоит ~ 100 \$ США, а в Швеции – 2–3 тыс. \$ США [1];

– для широкого внедрения российского способа «влажного» обескрыливания необходимо оптимизировать выполнение каждой операции (мощность слоя семян, подлежащих обескрыливанию, и степень его увлажнения, периодичность ворошения и применяемое при этом орудие, продолжительность увлажнения, технология отвеивания). Для решения этих вопросов необходимо проведение комплексных научных исследований с использованием методов математического планирования в научных экспериментах с применением компьютерных технологий [13].

Библиографический список

1. Гладки, М. О некоторых перспективных технологиях лесного семеноводства и питомнического дела (из шведского опыта) / М. Гладки, А. Проказин, И. Рутковский // Лесохозяйственная информация. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – № 1. – С. 52–62.
2. Концепция Федеральной целевой программы «Развитие лесного семеноводства на период 2009 – 2020 гг.» – Лесная Россия, 2008. – № 9. – С. 9–15.
3. Левин, В.И. Новое в биологии и технологии хранения семян зерновых культур и продовольственного зерна / В. И. Левин. – Рязань: Нива Рязани, 2004. – № 2(67). – С. 11–14.
4. Родин, А. Р. Прогнозирование качества семян лесных растений при длительном хранении. Искусственное лесовыращивание / А.Р. Родин. – Избранные труды. Пушкино: ВНИИЛМ, 2012. – 198 с.

5. Озолин, В.П. Водное обескряливание семян сосны и ели // В.П. Озолин / Лесное хозяйство. 1962. – № 8. – С. 78.
6. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации / Федеральная служба лесного хозяйства России. – М.: ВНИИЦлесресурс, 2000. – 197 с.
7. Преимущества скандинавских технологий переработки лесосеменного сырья, семян и производство посадочного материала с закрытой корневой системой. – Лесная Россия, 2008. – № 9. – С. 34–35.
8. <http://www.lessnab.karelia.ru>
9. Маркова, И.А. Современные проблемы лесовыращивания (лесокультурное производство) / И.А. Маркова. – Учебное пособие. – СПб: СПб ЛТА. 2009. – 144 с.
10. Реймерс Ф.Э. Растения во младенчестве. / Ф.Э. Реймерс. 2-изд. – Новосибирск: Наука, 1987. – 118 с.
11. Родин, А.Р. Лесные культуры / А.Р. Родин, Е.А. Калашникова, С.А. Родин: учебник. – М.: МГУЛ, 2011. – 316 с.
12. Казаков, В.И. Технология и механизация выращивания посадочного материала в питомниках лесной зоны / В.И. Казаков. – М.: ВНИИЛМ, 2001. – 186 с.
13. Родин, А.Р. Использование методов математического планирования в научных экспериментах при помощи ЭВМ. Методические указания для аспирантов, стажеров, научных работников / А.Р. Родин, Е.А. Калашникова, А.Д. Захаров, С.Л. Рысин. – М.: МГУЛ, 1998. – 17 с.

BIOLOGICAL AND THEORETICAL ANALYSIS OF THE SEEDWINGS SEVERING METHODS OF SMALL-SEEDED CONIFERS

Rodin A.R., Prof. MSFU, Dr.Sci (Agricultural); **Kalashnikova E.A.**, Prof. RGAU-MSHA K.A. Timiryazeva, Dr.Sci. (Biol.)

kalash0407@mail.ru

Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia
Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev Russia,
Moscow 127550, Timiryazevskaya st., 49

The article provides the biological–theoretical analysis of the available ways of mechanical and wet seed wings severing methods of the coniferous species. A comparison of Russian and Swedish coniferous species seed wings severing technologies is given. The authors claim that seed cleaning and sorting by MOS-1 and MOS-1A machines is undesirable, since it results in mechanical damage of the seeds with further lowering of the seed sowing quality and reduction of seed shelf life. The wet seed wings severing method is considered to be the most promising one, as it eliminates seed injury and does not reduce seed sowing quality. This method provides uniform seed wetting and wing separation. It is widely used for wet seed wings severing of small-seeded coniferous species in the Swedish forestry. The method is ecologically justified in preserving the viability and genetic condition of the seeds. This method is also economically justified, since the cost of seeds is very high, and the cost of 1 kg. seeds is about 100 \$ in the Russian Federation and 2000-3000 \$ in Sweden. However, the given wet seed wings severing technology does not provide the schedule and durations of all operations, for example, separation, drying and etc, performed. Therefore, it is necessary to conduct additional studies to optimize the processes for its future widespread introduction into practice. It is necessary to optimize the performance of each operation, for example, the layer thickness of the seeds to be severed and its degree of hydration, the frequency of turning and the instrument applied, the duration of wetting, winnowing technology and other operations.

Keywords: seed severing, microdamages, separation, storage, genetic condition, biological energy.

References

1. Gladki M. *O nekotorykh perspektivnykh tekhnologiyakh lesnogo semenovodstva i pitomnicheskogo dela (iz shvedskogo opyta)* [Some promising technologies forest seed and nursery business (from the Swedish experience)] Lesokhozyaistvennaya informatsiya. Moscow: VNIILM, 2004. № 1. pp. 52-62.
2. *Kontseptsiya Federal'noi tselevoy programmy «Razvitie lesnogo semenovodstva na period 2009 – 2020 gg.»* [Concept of the Federal Target Program «Development of forest seed for the period 2009 – 2020 years.».]. Lesnaya Rossiya, 2008. № 9. pp. 9-15.
3. Levin V.I. *Novoe v biologii i tekhnologii khraneniya semyan zernovykh kul'tur i prodovol'stvennogo zerna* [New in biology and technology for storage of cereal seeds and food grains]. Ryazan': Niva Ryazani, 2004. № 2(67). pp. 11-14.
4. Rodin A.R. *Prognozirovaniye kachestva semyan lesnykh rasteniy pri dlitel'nom khranении. Iskusstvennoe lesovyrashchivaniye e* [Prediction of quality forest seed during storage. Artificial forest growing]. Pushkino: VNIILM, 2012. 198 p.
5. Ozolin V.P. *Vodnoe obeskrylivaniye semyan sosny i eli* [Water obeskrylivaniye seeds of pine and spruce]. Lesnoe khozyaistvo. 1962. № 8. pp. 78.
6. *Ukazaniya po lesnomu semenovodstvu v Rossiiskoi Federatsii* [Dvice on forest seed in the Russian Federation]. Federal'naya sluzhba lesnogo khozyaistva Rosii. Moscow: VNIIClesresurs, 2000. 197 p.
7. *Preimushchestva skandinavskikh tekhnologii pererabotki lesosemnennogo syr'ya, semyan i proizvodstvo posadochnogo materiala s zakrytoi kornevoi sistemoi* [The advantages of the Scandinavian forest seed materials processing technologies, production of seeds and planting material with closed root system]. Lesnaya Rossiya. 2008. № 9. pp. 34-35.
8. <http://www.lessnab.karelia.ru>
9. Markova I.A. *Sovremennyye problemy lesovyrashchivaniya (lesokul'turnoe proizvodstvo)* [Modern problems of forest cultivation (silvicultural production)]. SPb: SPbLTA. 2009. 144 p.
10. Reimers F.E. *Rasteniya vo mladenchestve* [Plants in infancy]. Novosibirsk: Nauka, 1987. 118 p.
11. Rodin A.R. *Lesnye kul'tury* [Forest plantations]. Moscow: MSFU, 2001. 316 p.
12. Kazakov V.I. *Tekhnologiya i mekhanizatsiya vyrashchivaniya posadochnogo materiala v pitomnikakh lesnoi zony* [Technology and mechanization of growing seedlings in nurseries forest zone]. Moscow: VNIILM, 2001. 186 p.
13. Rodin A.R. *Ispol'zovaniye metodov matematicheskogo planirovaniya v nauchnykh eksperimentakh pri pomoshchi EVM. Metodicheskie ukazaniya dlya aspirantov, stazherov, nauchnykh rabotnikov* [Using the methods of mathematical planning of scientific experiments using a computer. Methodological guidelines for graduate students, interns, researchers]. Moscow: MSFU, 1998. 17 p.