

УДК 630\*232.31

А. Р. РОДИН<sup>1</sup>, С. А. РОДИН<sup>2</sup>, Е. А. КАЛАШНИКОВА<sup>3</sup>\*

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ СЕМЯН МЕЛКОСЕМЕННЫХ ДЕРЕВЬЕВ ХВОЙНЫХ ПОРОД

<sup>1</sup>Московский университет леса, Россия<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, Россия.<sup>3</sup>Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева, Россия

На основании анализа опубликованных результатов научных исследований, теоретических и экспериментальных исследований авторов статьи дана оценка результативности получения семян из шишек мелкосеменных деревьев по шведской и распространенной в России технологиям. Показаны научно-обоснованные пути совершенствования получения семян мелкосеменных деревьев хвойных пород.

К л ю ч е в ы е с л о в а : семена хвойных пород, шишкосушилки, механический способ, влажный способ.

**Введение.** Анализ работы распространенных в России шишкосушилок барабанного типа и шведской технологии показал отсутствие оптимальных режимов при переработке лесосеменного сырья. При обработке семена получают микроповреждения. По шведской технологии сушка шишек производится в ящиках с сетчатым дном в специальном сушильном шкафу. При этом шишки находятся в неподвижном состоянии, что препятствует раскрытию чешуек и выпадению семян. Для извлечения из шишек максимального количества семян (до 95 %) такая технология предусматривает повторную, а при необходимости и трехкратную сушку. В этом случае перед каждой сушкой шишки увлажняют в специальных шкафах, оснащенных форсунками, через которые подается вода в мелкокапельном состоянии до закрытия чешуек [1].

*Цель* исследований – оценить результативность получения семян из шишек мелкосеменных деревьев по шведской и распространенной в России технологиям.

**Материалы и методы.** Сравнительное изучение сушки шишек проводилось в шишкосушилке стеллажного типа, Каппера–Гоголицина и естественным путем. В шишкосушилках (сушильных камерах стеллажного типа) режим среды в сушильной камере и влажность шишек контролировалась в конце каждого этапа сушки при температуре воздуха в воздухоподогревателе 42,5°C. Качество семян оценивалось по энергии прорастания и всхожести. Проводили оценку эффективности обескрыливания семян сосны механическим способом с использованием машин МОС-1 и МОС-1А и по шведской технологии обескрыливания для влажных семян во вращающемся барабане с распыленной водой.

**Результаты и обсуждение.** По нашему мнению, 2–3-кратное увлажнение шишек отрицательно сказывается на качестве семян и их генетическом состоянии. Проведенные расчеты с учетом физики процессов сушки шишек показывают, что после каждого увлажнения паровоздушная среда в районе расположения семян будет иметь влажность 81–92 %. Это приводит к выведению биологической системы семени из состояния покоя, снижению его жизнеспособности и генетическим изменениям, в частности, к увеличению хромосомных aberrаций в семенах.

В последние годы извлечение семян из шишек мелкосеменных хвойных пород в России производят в шишкосушилках (сушильных камерах стеллажного типа). Материалы наших исследований свидетельствуют о том, что эти сушильные камеры являются высокопроизводительными, полностью механизированными, непрерывно действующими, сохраняющими жизнеспособность семян и их генетическое состояние. Промышленный комплекс по переработке шишек хвойных пород впервые был построен в Нелидовском леспромхозе Тверской области по проекту Л. В. Галиева и П. И. Чикизова. Этот комплекс был включен в Международную систему машин (ч. 61) Каталога лесохозяйственных машин за 1978 г., действовавшего в странах СЭВ, а также авторам этого комплекса была

\* © А. Р. Родин, С. А. Родин, Е. А. Калашникова, 2013

присуждена Государственная премия СССР 1984 г. в области науки и техники.

Извлечение семян из шишек происходит в сушильной камере, которая включает четыре сетчатых стеллажа жалюзного типа, на которых происходит сушка шишек. В качестве теплоносителя используется подогретый в теплообменнике воздухонагревателя ВПТ-400 атмосферный воздух, который непрерывно и при постоянной температуре (45°С для ели, 50°С для сосны) подается в камеру сушки снизу под давлением 587,4 Па в объеме 2500 м<sup>3</sup>/ч.

Процесс сушки длится 12 ч и состоит из четырех этапов. На первом этапе свежие шишки равномерным слоем рассыпаются на верхнем (первом) стеллаже. Через 3 ч сушки они пересыпаются на второй стеллаж, где происходит второй этап. На первых двух стеллажах из шишек удаляется до 70 % влаги. Через 3 ч шишки пересыпаются со второго стеллажа на третий, а еще через 3 ч – на четвертый (нижний). При извлечении из шишек семена не испытывают термических перегрузок и губительного воздействия сочетаний повышенной температуры и влажности. Этот процесс приближается к природным условиям (табл. 1).

*Таблица 1*

**Режим среды в сушильной камере и влажность шишек в конце каждого этапа сушки при температуре воздуха в воздухоподогревателе 42,5°С**

Стеллажи и этапы сушки	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %		Влажность шишек, %	
	ель	сосна	ель	сосна	ель	сосна
I	31,1	20,5	62,8	81,0	19,4	21,8
II	32,6	24,2	48,7	79,0	10,9	15,9
III	34,7	30,2	30,0	50,0	5,9	7,9
IV	37,1	33,0	24,2	34,0	5,3	3,8

В процессе сушки влажность паровоздушной среды внутри шишек, находящихся на двух верхних стеллажах, не достигает полного насыщения, как это имеет место в сушилках распространенных старых конструкций. На двух нижних стеллажах влажность паровоздушной среды в шишках более чем в 3 раза меньше, чем в шишках, находящихся в сушилках барабанного типа. При пересыпании шишек с одного стеллажа на другой механические повреждения семян не обнаружены.

Условия извлечения семян из шишек приближаются к природным в период их разлета, поэтому энергия прорастания и всхожесть одинаковы с семенами, выпавшими из шишек в естественных условиях (табл. 2).

*Таблица 2*

**Качество семян хвойных пород, %**

Способ извлечения семян из шишек	Энергия прорастания		Всхожесть	
	сосна	ель	сосна	ель
В шишкосушилке:				
стеллажного типа	89,1 ± 2,5	88,7 ± 4,4	92,1 ± 2,4	90,0 ± 2,4
Каппера–Гоголицина	77,9 ± 2,4	67,1 ± 3,3	84,6 ± 2,5	79,3 ± 2,5
Естественным путем	85,3 ± 4,3	88,0 ± 4,4	92,8 ± 4,5	92,0 ± 4,4

При переработке лесосеменного сырья качество семян снижается, уменьшается их биоэнергетический уровень и жизнеспособность. В значительной степени это происходит в ходе обескрыливания семян.

Существует два способа обескрыливания семян хвойных пород – механический и влажный. В России широко применяют механический способ с использованием машин МОС-1 и МОС-1А. Отделение крылаток происходит в результате трения семян о вращающиеся щетки. Установлено, что при извлечении семян из шишек и их обескрыливании часть семян получает микрповреждения. Такие семена не могут храниться и быстро теряют кондиционные посевные качества [3]. Известно, что механические повреждения выводят семена из состояния покоя. В этом случае интенсивность физиолого-биохимических процессов в семенах значительно усиливается. Это проявляется в повышении интенсивности дыхания, что характеризует скорость распада запасных

питательных веществ, накопление продуктов дыхания в семенах, и таким образом отрицательно влияет на их посевные качества и уменьшает срок хранения.

Исследования сельскохозяйственных семян (яровая и озимая пшеница и др.) [4] показали, что даже при раздельном хранении в тканевых мешках между механически поврежденными (травмированными) и кондиционными семенами возникает бесконтактно-дистанционная хеммокоммуникация. Это происходит за счет выделения травмированными семенами газообразных летучих соединений, обладающих аллопатическими свойствами. При этом клетки семян усиленно поглощают кислород и расходуют биологическую энергию, в тканях и клетках возрастает концентрация растительных гормонов (фитогормонов) ингибирующего действия. При наличии механических повреждений семян в большей степени снижается энергия прорастания и в меньшей – всхожесть. Эта закономерность подтверждается нашими исследованиями. Так, при 18-летнем хранении семян сосны обыкновенной энергия прорастания снизилась с 97 до 1 %, а всхожесть – с 97 до 28,3 %. Установлено, что в семенах происходят, прежде всего, генетические изменения. В нашем опыте количество хромосомных aberrаций возросло с 1,2 до 15 %. Следовательно, в семенах первоначально происходят генетические изменения, затем снижается энергия прорастания и лишь потом – всхожесть [8]. Наши исследования подтвердили наличие хеммокоммуникации между здоровыми и механически поврежденными семенами ели европейской. По сравнению с сельскохозяйственными культурами это проявлялось менее рельефно.

При совместном хранении кондиционных и механически травмированных семян количество поврежденных, по нашему мнению, будет увеличиваться не только за счет воздействия подвергнутых стрессу семян на здоровые, но и за счет вновь образовавшихся. Последние сами становятся излучателями физиологически активных веществ ингибирующего действия. Происходит то же, что и при наличии в партии семян, пораженных фитопатогенными грибами.

Следовательно, использование в России МОС-1 и МОС-1А нежелательно из-за механических повреждений семян, ведущих к снижению их посевных качеств и сокращению срока хранения.

Второй способ обескрыливания семян хвойных пород назван влажным. Он давно известен лесоведам нашей страны (Гайдовский-Потапович, 1905; Тольский, 1932; Коверин, 1932; Мирон, 1945 и др.) и применялся, например, в Перечистенском лесхозе, Даниловском леспромхозе Ярославской обл., в Тарногском леспромхозе Вологодской обл. и в других хозяйствах [6]. При таком способе необескрыленные семена рассыпались тонким слоем на брезент и слегка увлажнялись однократным разбрызгиванием воды, а затем систематически ворошились, благодаря чему они равномерно увлажнялись. Через 3–4 ч крылатки легко отделялись от семян отвеиванием [6]. Влажное обескрыливание не наносит механических повреждений семенам и не снижает их посевные качества [6, 9].

С появлением обескрыливателя МОС-1, значительно ускоряющего и упрощающего обескрыливание, влажный способ не нашел широкого распространения, а научные исследования, биологически обосновывающие оптимальные режимы выполняемых операций (величина слоя рассыпания семян, степень и продолжительность увлажнения, периодичность и интенсивность ворошения, продолжительность обескрыливания, срок хранения), были прекращены.

При шведской технологии обескрыливания семена хвойных пород с влажностью 8–10 % поступают в обескрыливатель, состоящий из вращающегося барабана, наполненного 6–7 кг семян, куда из форсунки в течение 15 мин подается около 1 л воды в распыленном состоянии. Семена при этом равномерно увлажняются, крылатки легко отделяются от семян. Затем через форсунки подается сухой воздух для подсушивания семян. После семена и крылатки удаляются из обескрыливателя [1, 5].

В процессе влажностного обескрыливания семена в течение 15 мин намокают, а затем подсушиваются. О степени увлажнения и подсушивания семян в публикациях не

сообщается, лишь говорится о состоянии семян и крылаток. Например, упоминается, что за счет интенсивного поглощения влаги семенем крылатка, не впитывающая влагу, отпадает [5], а также, 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 ее величину в конце обескрыливания по шведской технологии. Первоначально определили объем семени ели европейской ( $V_{cp} = 6,25953 \text{ мм}^3$ ) и площадь боковой поверхности ( $S_{cp} = 19,2584 \text{ мм}^2$ ) для отобранной партии из 100 семян. С учетом этого провели расчеты влажности семян в конце их обескрыливания: она увеличилась с 8–10 до 20–25 %.

Установлено, что первые физиолого-биохимические изменения в семенах хвойных пород начинаются после намачивания их водой до влажности 20–25 %. Тогда в зародыше активизируются имеющиеся гидролитические ферменты и ферменты аминокислотного обмена. Одновременно усиливается дыхание. Вместе с тем при намачивании семян рвутся водородные связи воды за счет биохимических процессов, происходящих в семенах, и изменений энергетического состояния воды.

Усиление биологической активности семян с повышением их влажности подтверждаются исследованиями Е. П. Верховцева и А. И. Ларионова (1936), установившими, что интенсивность дыхания семян лиственницы сибирской при влажности 24 % и температуре 15°C характеризуется выделением  $\text{CO}_2$  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°C выделение  $\text{CO}_2$  резко увеличивается – при влажности семян 7,1 и 17,9 % оно составляет соответственно 121 и 424 мг.

После обескрыливания и подсушки по шведской технологии семена поступают в жидкостной сепаратор. Он предназначен для удаления механически поврежденных и пораженных насекомыми семян. 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 сначала семена в течение 5 мин находятся в вакууме, затем давление выравнивается до уровня атмосферного. В этом случае семена приобретают способность к более интенсивному поглощению влаги, быстро намокают и опускаются на дно жидкостного сепаратора [1].

Водная сепарация семян мелкохвойных древесных 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 % полностью травмированных семян и 79 – кондиционных.

Сравнительный анализ различных способов обескрыливания говорит о том, что шведская технология обескрыливания семян хвойных пород является новым направлением. Вместе с тем в описании этой технологии не приводятся продолжительность операций, их результативность (сепарация, подсушка и др.) и влияние на семена. Остается неясным, обеспечивают ли выполняемые операции оптимальные условия для полного сохранения жизнеспособности семян и их генетических свойств. К тому же не объясняется, почему семена в барабане увлажняются в течение 15 мин. При влажном обескрыливании семян хвойных пород в установке АМО-5 конструкции ВНИИЛМа увлажнение проводится 10 мин, т. е. в 1,5 раза меньше, чем в шведской технологии [2]. По нашему мнению, нельзя с уверенностью утверждать, что шведская технология обескрыливания и водная сепарация полностью сохраняют биологическую энергию семени, их жизнеспособность и не ведут к генетическим изменениям. Это подтверждается, в частности, тем, что семена при обескрыливании и водной сепарации до четырех раз подвергаются намачиванию и подсушиванию, причем часть семян получает микрповреждения [1]. 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, но их значимость при использовании шведской технологии обескрыливания и сепарации семян не установлена.

Обычно оценка качества семян ограничивается всхожестью. При выращивании посадочного материала с закрытой корневой системой в Швеции рекомендуют использовать семена хвойных пород со всхожестью не ниже 95 % [1]. Однако высокая степень всхожести не дает достоверной оценки жизнеспособности и генетического состояния семян, а также возможной продолжительности сохранения посевных качеств при их хранении [8]. 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 незначительно (с  $99 \pm 1$  до  $91 \pm 3$  %), тогда как количество хромосомных aberrаций увеличилось с  $1,2 \pm 0,1$  до  $5,8 \pm 0,6$  %, т. е. в 4,8 раза [8].

В анализируемых материалах [1, 5] говорится о том, что в оптимальных условиях семена, подсушенные до влажности 5,7 %, при температуре в холодильной камере от -5 до -20°C хранятся 30–40 лет без существенной потери посевных качеств. Утверждение «без существенной потери посевных качеств» не подтверждается показателями энергии прорастания, всхожести и тем более генетическими исследованиями. В оптимальных условиях семена сохраняют жизнеспособность 30–40 лет, но в какой степени – не указывается. В этот период посевные качества и биологическая энергия семян снижаются, одновременно происходят генетические изменения. Нами установлено, что в первый период хранения семян происходят менее интенсивные изменения, чем в дальнейшем.

Сохранение жизнеспособности семян при длительном хранении – важная проблема лесного семеноводства. Поэтому в России рекомендуется закладывать семена первого класса качества (ГОСТ Р 50617-93). Однако это не гарантирует сохранения посевных качеств семян в течение длительного времени.

Скорость снижения качества и продолжительность жизни семян при хранении определяются не только энергией прорастания и всхожестью, но и их генетическими изменениями. Продолжительность жизнеспособности семян – генетически обособленный процесс. К сожалению, в лесном хозяйстве России заблаговременно не прогнозируют изменения всего комплекса показателей, надежно характеризующих качество семян в процессе хранения. Заготовка семян лесных растений ведется на популяционном уровне, при этом их генетические и качественные показатели изменяются в процессе хранения с различной интенсивностью, что не позволяет заблаговременно установить продолжительность хранения всей партии собранных семян, а также определить срок появления существенных качественных и генетических изменений.

**Выводы.** Анализ публикаций и материалы наших исследований позволяют утверждать, что в России имеется возможность повысить результативность лесного семеноводства при получении семян хвойных пород мелкосеменных деревьев. В связи с этим рекомендуется:

– иметь в России больше промышленных комплексов по переработке шишек мелкохвойных пород, конструкция и технология которых разработана калининскими лесоводами;

– установить оптимальные режимы каждой операции при влажном способе обескрыливания, предложенном и использованном лесоводами России. Это обеспечит сохранение качества семян и предохранит их от микрповреждений;

– при аттестации объектов ПЛСБ определять генетическое состояние, энергию прорастания семян, их всхожесть, а значит, и возможную продолжительность хранения, используя при этом способ ускоренного старения семенного материала [8] с определением

інтенсивності генетических змінень, енергії проростання і всхожесті семян;

- в перспективі лесосемянне плантації стварають с таким расчеом, щобі семяна всех маточно-семянних деревьев имелі одинаковую продовжителюньох хранення. Последнее устанавлювається путем тестування таких деревьев на возможность долгого хранення семян с применением искусственного старения [8]. Это позволит объективно и своевременно обновлять федеральный и страховой фонды семян без опасения снижения генетических ценностей и качественных показателей семянного материала в процессе хранення.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Гладски М. О некоторых перспективных технологиях лесного семеноводства и питомнического дела (из шведского опыта) / М. Гладски, А. Проказин, И. Рутковский // Лесохозяйственная информация. – 2004. – № 1. – С. 52–62.
2. Казаков В. И. Технология и механизация выращивания посадочного материала в питомниках лесной зоны / В. И. Казаков. – М. : ВНИИЛМ, 2001. –186 с.
3. Концепция Федеральной целевой программы «Развитие лесного семеноводства на период 2009–2020 гг.» // Лесная Россия. – 2008. – № 9. – С. 9–15.
4. Левин В. И. Новое в биологии и технологии хранения семян зерновых культур и продовольственного зерна / В. И. Левин. – Рязань, 2004. – С. 11–14.
5. Маркова И.А. Современные проблемы лесовыращивания (лесокультурное производство): учебн. пособ. / И. А. Маркова. – СПб. : СПбГЛТА, 2008. – 152 с.
6. Озолин В. П. Водное обескрыливание семян сосны и ели / В. П. Озолин // Лесн. хоз-во. – 1962. – № 8. – С. 78.
7. Преимущества скандинавских технологий переработки лесосемянного сырья, семян и производства посадочного материала с закрытой корневой системой // Лесная Россия. – 2008. –№ 9. –С. 34–35.
8. Родин А. Р. Прогнозирование качества семян лесных растений при длительном хранении / А. Р. Родин // Искусственное лесовыращивание : избранные труды. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2012. – С. 52–60.
9. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации. – М., 2000. –197 с.

Rodin A. R.<sup>1</sup>, Rodin S. A.<sup>2</sup>, Kalashnikova E. A.<sup>3</sup>

#### **THEORETICAL AND PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF A METHOD FOR OBTAINING SEEDS FROM SMALL-SEEDED CONIFERS**

<sup>1</sup>Moscow Forest University, Russia

<sup>2</sup>Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry (VNIILM)

<sup>3</sup>Russian State Agrarian University – MTAА named after K.A. Timiryazev, Russia

Based on analysis of published research, theoretical and experimental studies of the authors, the effectiveness of seeds obtaining from cones on small-seeded trees by Swedish and Russian technologies was assessed. The evidence-based ways to improve seed production from smallseeded conifers was shown.

**К е у w o r d s :** seeds of conifers, cone-driers, mechanical method, wet process.

Родін А. Р.<sup>1</sup>, Родін С. А.<sup>2</sup>, Калашнікова Е. А.<sup>3</sup>

#### **ТЕОРЕТИЧНІ І ФІЗІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СПОСОБІВ ОТРИМАННЯ НАСІННЯ ДРІБНОНАСІННИХ ДЕРЕВ ХВОЙНИХ ПОРІД**

<sup>1</sup>Московський університет лісу, Росія

<sup>2</sup>Всеросійський науково-дослідний інститут лісоводства і механізації лісового господарства, Росія

<sup>3</sup>Російський державний аграрний університет-МСГА імені К. А. Тимірязєва, Росія

На підставі аналізу опублікованих результатів наукових досліджень, теоретичних і експериментальних досліджень авторів статті наведено оцінку результативності одержання насіння з шишок дрібнонасінних дерев за шведською та поширеною в Росії технологіями. Показані науково-обґрунтовані шляхи вдосконалення одержання насіння дрібнонасінних дерев хвойних порід.

**К л ю ч о в і с л о в а :** насіння хвойних порід, шишкосушарки, механічний спосіб, вологий спосіб.

*E-mail:* info@vniilm.ru; kalash0407@mail.ru

*Одержано редколегією 01.11.2013 р.*