



DOI 10.21178/2079–6080.2018.1.16
УДК 630*232.315.2

Влияние условий низкотемпературного хранения желудей дуба черешчатого на их посевные качества

© А.С. Бондаренко, О.Ю. Бутенко

Influence of low-temperature storage conditions on oak acorns sowing qualities

A.S. Bondarenko, O. Yu. Butenko (Saint Petersburg Forestry Research Institute)

The methodic of *Quercus robur* L. acorns storage at low temperatures is useful for creating of seed stock creating for reforestation as well as for the specialized genetic banks formation. Influence of the type and thickness of the polyethylene film as a part of storage container on the composition of the gas environment and acorn germination is estimated. Assessment of the seed condition during 3-year storage at low positive temperatures is made. Acorns germination naturally decreases during the entire period of observation and after 2.5 years decreases by 15–20 % from the initial value. Different batches of acorns increases germination energy during the first 7–12 months, further during storage it is gradually reduced. The energy of acorns germination of spring harvesting significantly exceeds the values of this indicator in batches of autumn harvesting acorns. Differences between moisture of batches was significance at level 0.05 at all storage period. The data obtained show that for long-term acorns storage it is advisable to ensure their humidity must be 40–45 % in combination with a set of measures for the prevention of infection of acorns by microorganisms.

The recommended storage temperature of oak acorns is located in the range from –1 °C to +2 °C and allows for long-term storage acorns at a level not lower than the second quality class. The use of a polyethylene film in containers for storage of acorns allows reach the increased concentration of carbon dioxide with simultaneous decrease in the content of oxygen. The influence of the type and thickness of the film on the concentration of these gases inside the containers is significant. The optimal thickness of the polyethylene film is 20 microns. The using of polyethylene film allows preserving the moisture content of acorns and providing high level of germination.

Keywords: *Quercus robur*, acorns, germination, humidity, low-temperature storage, germination energy

Влияние условий низкотемпературного хранения желудей дуба черешчатого на их посевные качества

А.С. Бондаренко, О.Ю. Бутенко

Методика хранения желудей дуба черешчатого при низких температурах может быть полезна при создании семенного фонда этой породы в рамках работ по лесовосстановлению, а также при формировании специализированных генетических банков. Изучалась динамика состояния желудей при их хранении в течение 3 лет при низких положительных температурах. Установлено, что всхожесть закономерно снижается в течение всего периода наблюдений и через 2,5 года уменьшается на 15–20 % от первоначального значения. Энергия прорастания у разных партий желудей в течение первых 7–12 мес. увеличивается, далее при хранении постепенно снижается. При этом у желудей весенней заготовки энергия прорастания достоверно выше, чем у семян, собранных осенью. Различия между отдельными партиями желудей по уровню влажности, достоверные на уровне значимости 0,05, наблюдаются в течение всего периода хранения. Установлено, что при закладке семян на длительное хранение целесообразно обеспечить их влажность в пределах 40–45 % в сочетании с комплексом мер по предотвращению заражения желудей микроорганизмами.

Для хранения желудей рекомендуется температура от -1°C до $+2^{\circ}\text{C}$: при таком режиме в течение длительного срока (до 2,5 лет) сохраняются их посевные качества на уровне первого класса. Установлено достоверное влияние типа и толщины полиэтиленовой пленки, использованной в контейнере, на газовый состав внутри него: в частности, пленка высокого давления толщиной 20 мкм способствует повышению концентрации углекислого газа с одновременным понижением содержания кислорода и сохранению влажности желудей, что обеспечивает высокие показатели их всхожести и энергии прорастания.

Ключевые слова: дуб черешчатый, желуды, всхожесть, влажность, низкотемпературное хранение, энергия прорастания

Бондаренко Александр Сергеевич – ведущий научный сотрудник НИО селекции, воспроизводства и химического ухода за лесом, канд. с.-х. наук

E-mail: asbond@mail.ru

Бутенко Олеся Юрьевна – старший научный сотрудник НИО селекции, воспроизводства и химического ухода за лесом, канд. с.-х. наук

E-mail: din_don@bk.ru

ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства» Санкт-Петербург, 194021, Институтский пр., 21

тел.: (812) 552–80–26

E-mail: mail@spb-niilh.ru

Введение

Дуб относится к видам с поздним и нерегулярным периодом созревания семян [21], в связи с чем появляется необходимость создания их запаса для обеспечения лесовосстановительных работ. Биологические особенности желудей дуба черешчатого делают затруднительным их хранение в течение длительного периода времени, что требует проведения исследований по изучению возможностей увеличения сроков хранения их без потери посевных качеств. Разработка методики длительного хранения семенного материала дуба черешчатого позволит обеспечить основу для создания генетических банков этой ценной древесной породы, что будет способствовать развитию специализированных центров биоресурсов и исследовательских коллекций.

В настоящее время довольно широко применяется сохранение видов *ex situ* посредством создания клоновых лесосеменных плантаций, хотя с экологической точки зрения следует отдавать предпочтение естественным популяциям [15]. Одним из способов является также хранение семян или их фрагментов *ex situ* в банках генов [11].

Выбор техники хранения в значительной степени зависит от способности семян переносить потерю воды. Семена, выдерживающие снижение содержания воды в тканях до 5 %, принадлежат к группе ортодоксальных, а погибающие в результате высушивания ниже критического уровня гидратации (от 12 до 40 %) – к группе рекальцитрантных [11], к которой относятся и желуди дуба. Они имеют высокое содержание воды в тканях и могут быть сохранены только в течение относительно короткого периода времени, так как являются чувствительными к высушиванию [21]. Потеря воды немедленно приводит к снижению энергии прорастания, жизнеспособности и вызывает гибель семян даже при относительно высоком ее содержании. Это объясняется высоким уровнем метаболической активности в сочетании с низкой внутриклеточной дифференциацией или отсутствием таковой

[9]. Тем самым, мембрана подвергается пагубному стрессирующему воздействию дегидратации [20, 22]. Изменчивость в физиологии рекальцитрантных семян часто является внутривидовой. Содержание воды в семенах, эмбрионах или эмбриональных осях от года к году может существенно различаться в коллекциях одной местности и в материале одной и той же местности в течение одного сезона. Это означает, что для каждого вида должны быть оценены базовые параметры, такие как содержание воды, реакция на высушивание и др. Кроме того, собранные в конце сезона семена, как правило, имеют значительно более низкое качество с точки зрения чистоты от вредителей и болезней по сравнению с заготовленными ранее [9]. Происхождение популяции семян также является важным фактором, определяющим их свойства и реакцию. Таким образом, даже если семена относятся к одному виду, разница по широте места происхождения может вызывать существенные различия в их характеристиках.

Семена некоторых видов созревают и опадают с недостаточно развитыми эмбрионами, что обуславливает необходимость завершения развития до начала зародышевого метаболизма. Эти различия в развитии определяют продолжительность влажного хранения семян (то есть гидратированный метод хранения с содержанием воды на момент созревания и опадения семян). В настоящее время известно, что рекальцитрантные семена нельзя обезвоживать ниже определенной границы, достижение которой фактически стимулирует начало и прогрессирование прорастания. Требуется сокращение времени до момента внешнего поступления воды [14, 16]. Способность рекальцитрантных семян, происходящих из умеренных зон, быть довольно устойчивыми к отрицательным температурам ниже точки замерзания воды [14] используется для хранения их в условиях замораживания. При этом необходимо соблюдать большую осторожность для того, чтобы сохранить содержание воды на уровне, соответствующем

щем периоде созревания и опадения. Помимо этого, важно чтобы основная часть образцов хранилась в условиях, исключающих изменения в водном состоянии объектов, поэтому после сбора желудей с относительно высоким содержанием воды следует немного подсушить [13]. Температура при хранении должна быть предельно низкой, на грани той, которую семена могут выдержать без вредного воздействия на энергию прорастания и жизнеспособность. Это замедлит как прорастание, так и распространение грибной инфекции. Для умеренно рекальцитрантных семян такая температура принята равной 6 °С [12, 18]. Температурный режим должен быть постоянным, чтобы минимизировать образование конденсата на внутренних поверхностях контейнеров.

В условиях гидратированного хранения имеется вероятность размножения грибной инфекции (реже – бактерий), поэтому необходимо проводить регулярные проверки и применять соответствующие меры. Если не удалять инфицированные семена, произойдет заражение всего содержимого контейнера. За рубежом практикуется применение системных фунгицидов, направленное на скорейшее устранение поверхностных и внутренних заражений семян [10].

Важным фактором при хранении является также газовый состав воздуха. Так, слабая интенсивность дыхания желудей при содержании их в полиэтиленовых мешках при температуре от –1 до +2 °С обеспечивает хорошее качество желудей в течение довольно продолжительного (1,5 года) времени [7]. Имеются данные о том, что наличие в среде 0,5–8,0 % углекислого газа не только не оказывало отрицательного воздействия на зародыши, но и обусловило дополнительный консервирующий эффект [1]. По другим сведениям, превышение концентрации углекислого газа более чем на 1 % является губительным для зародышей семян [8].

Существует несколько способов длительного (в течение 1,5 лет и более) хране-

ния желудей дуба черешчатого. Например, в закрытых полиэтиленовых мешках с расположенным внутри бумажным пакетом («мешок в мешке») или в пластиковых ведрах, соответствующих по размеру образцам семян [17]. Перед закладкой желудей контейнеры должны быть простерилизованы. Внутрь помещают средства для поглощения конденсата, которые следует заменять по мере того как они становятся влажными. Недостатком таких способов является герметизация емкости для хранения, что приводит к избытку углекислого газа и снижению всхожести желудей. Кроме того, существенно затруднен текущий контроль за состоянием семян, прежде всего – за степенью повреждения грибной инфекцией.

Хорошие результаты дает длительное содержание желудей дуба в торфе или опилках, находящихся в воздушно-сухом состоянии, в молочных бидонах при температуре -1 °С [19]. В этих условиях всхожесть семян после хранения в течение трех зим составляет 38–75 %. Недостатком данного способа является избыточная влажность субстрата, приводящая к поражению желудей грибными заболеваниями. Для создания регулируемой газовой среды и поддержания оптимальной температуры (от 0 °С до +2 °С) используется специальное оборудование. Следует отметить, что обеспечение таких условий среды для всего объема хранилища, помимо высокой стоимости, имеет и другую отрицательную сторону: оно вызывает снижение влажности семян ниже оптимального значения. Причем изъятие необходимого количества желудей, предназначенных для посадки, нарушает параметры хранения остальной части семенного фонда.

Для бесперебойного снабжения теплично-питомнических комплексов желудями дуба черешчатого требуется их ежегодное наличие, в то время как семеношение этой ценной древесной породы характеризуется выраженной цикличностью, с неурожайными годами, зачастую следующими подряд один за другим [6]. Такая ситуация заставляет обра-

щать особое внимание на реализацию мероприятий по длительному хранению крупных партий желудей.

Целью исследований являлась разработка методики хранения желудей дуба черешчатого в контейнерах, в составе которых используется полиэтиленовая плена. Решались следующие задачи:

– оценка влияния на всхожесть семян низких температур с анализом полученных данных;

– разработка методики низкотемпературного хранения желудей на основе использования контейнеров с полиэтиленовой пленкой.

Объекты и методы исследования

В опытах использовались желуди дуба черешчатого, заготовленные в парковых насаждениях г. Санкт-Петербурга в 2014–2016 гг. (всего собрано 14 партий семян), которые до постановки экспериментов хранились в течение 1–3 лет при низких положительных температурах.

Перед началом исследований определялась влажность желудей по ГОСТ 13056.3–86 [2], а также всхожесть и энергия прорастания по ГОСТ 13056.6–97 [3]. Выяснилось, что показатели влажности различались незначительно и в основном находились в пределах 41–48 % (крайние значения – 39 и 51 %). Разница в энергии прорастания между партиями оказалась существенной и варьировала от 2 до 90 %, всхожесть же составляла 89–100 %.

В эксперименте изучалось влияние длительного (в течение 35 месяцев) хранения в условиях низкой положительной температуры +2 °С на качественные показатели желудей. Определялась динамика таких показателей, как влажность, всхожесть, энергия прорастания, зависимость их от сезона и года заготовки желудей, различия по перечисленным показателям у разных партий семян. Для хранения желудей в течение длительных сроков в качестве контейнеров использовались пакеты из полиэтиленовой пленки низкого давления (ПНД) [4].

Влияние типа полиэтиленовой пленки (ПНД – полиэтилен низкого давления [4] и ПВД – полиэтилен высокого давления [5]) и ее толщины (11 мкм и 20 мкм) на изменение состава газовой среды внутри контейнера определялось при хранении желудей в пленке в течение 2 мес. при температуре +2 °С. Шприцем из герметично запечатанного пакета с желудями по окончании срока хранения изымали пробу воздуха и определяли методом газовой хроматографии концентрации углекислого газа и кислорода, непосредственно влияющие на показатели всхожести и энергии прорастания желудей.

С целью определения влияния толщины пленки на параметры влажности и всхожести, а также для проверки сохранности желудей при отрицательных температурах использовалось хранение их в контейнерах с полиэтиленовой пленкой типа ПВД в течение 3 мес. при температуре от –3 до 0 °С (среднее значение –2 °С). Толщина пленки типа ПВД составляла от 11 до 100 мкм. При этом в качестве контейнеров использовались плоскодонные конические колбы объемом 1100 мл с горлышком диаметром 45 мм, которое закрывалось полиэтиленовой пленкой в один слой. В контроле емкость с желудями оставалась открытой. Колбы заполнялись желудями в объеме 1050 мл + (50 мл оставались свободными). Соотношение площади поверхности колбы, не пропускающей газы (стекло), и полупроницаемого материала (полиэтиленовая пленка) составляло 1:35.

Статистический анализ полученных данных производился с применением таких пакетов программ компьютерного обеспечения, как Microsoft Excel 2010 и StatSoft Statistica 8.0.

Результаты исследований и их обсуждение

Изучение долгосрочной динамики показателей всхожести желудей дуба черешчатого в течение 2,5 лет показало постепенное снижение их значений (рис. 1). Анализ корректности аппроксимации приведенными на гра-

фике линиями тренда показал, что зависимость всхожести от срока хранения имеет более высокие в сравнении с энергией прорастания показатели достоверности. В значительной степени это объясняется тем, что если всхожесть снижается равномерно в течение всего периода наблюдений (на 15–

20 % от первоначального значения), то энергия прорастания в первые 7–12 мес. увеличивается и только затем постепенно уменьшается. Такой характер зависимости энергии прорастания от срока хранения может быть описан графиком полинома третьей степени (рис. 2).

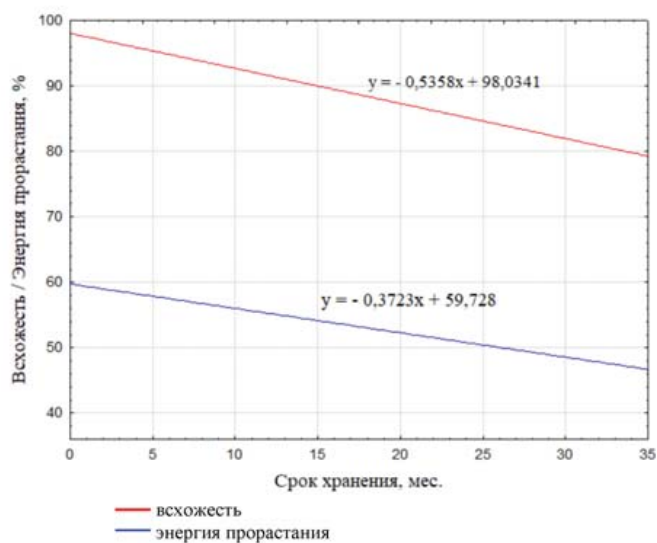


Рис. 1. Общая динамика изменения показателей всхожести и энергии прорастания различных партий желудей дуба черешчатого при хранении в условиях низких положительных температур

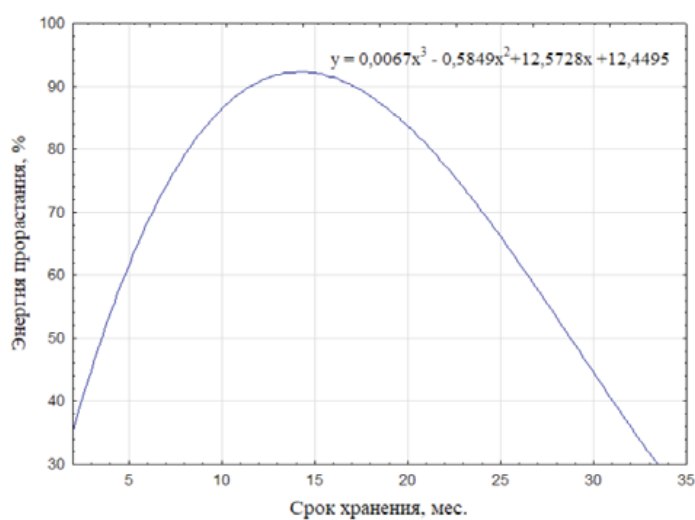


Рис. 2. Общая динамика изменения энергии прорастания различных партий желудей дуба черешчатого при хранении в условиях низких положительных температур

Очевидно благоприятное воздействие низких положительных температур на процессы естественной подготовки желудей к прорастанию, приводящие с течением времени к возрастанию именно показателя энергии прорастания. В дальнейшем, по истечении года влияние эффекта стратификации постепенно снижается, но, видимо, продолжает сказываться на значении энергии прорастания в течение длительного периода хранения.

О позитивном влиянии на энергию прорастания низких положительных температур свидетельствует разница в значениях данного показателя у желудей разных сроков сбора (осенью – октябрь-ноябрь и весной – март), подвергшихся в течение зимы воздействию низких положительных температур под покровом снега (рис. 3). Так, при весеннем сбо-

ре энергия прорастания желудей достоверно, на уровне значимости 0,05, выше, чем при заготовке осенью. Однако по показателю всхожести в тех же партиях желудей достоверных различий не выявлено. Полученные результаты свидетельствуют о существенном влиянии низких положительных температур именно на энергию прорастания, что подтверждает важность использования этого показателя в практической работе, в частности, при организации и сопровождении хранения партий желудей дуба черешчатого.

Тем не менее, необходимо отметить, что по общему показателю всхожести к окончательному сроку учета (20 дней) желуди весеннего сбора уступают заготовленным осенью: 86,3 % против 96,3 % (рис. 4).

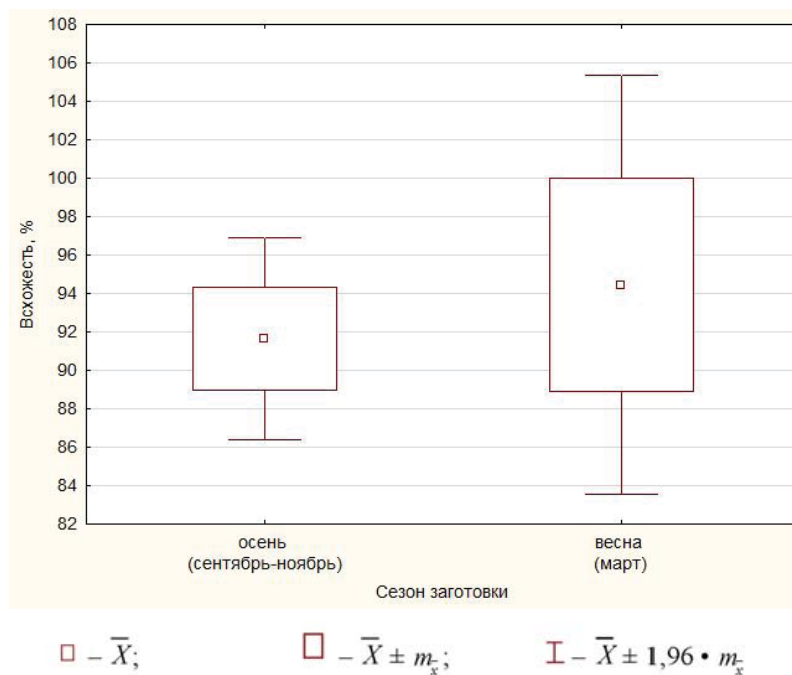


Рис. 3. Значение энергии прорастания желудей дуба черешчатого в зависимости от сезона заготовки

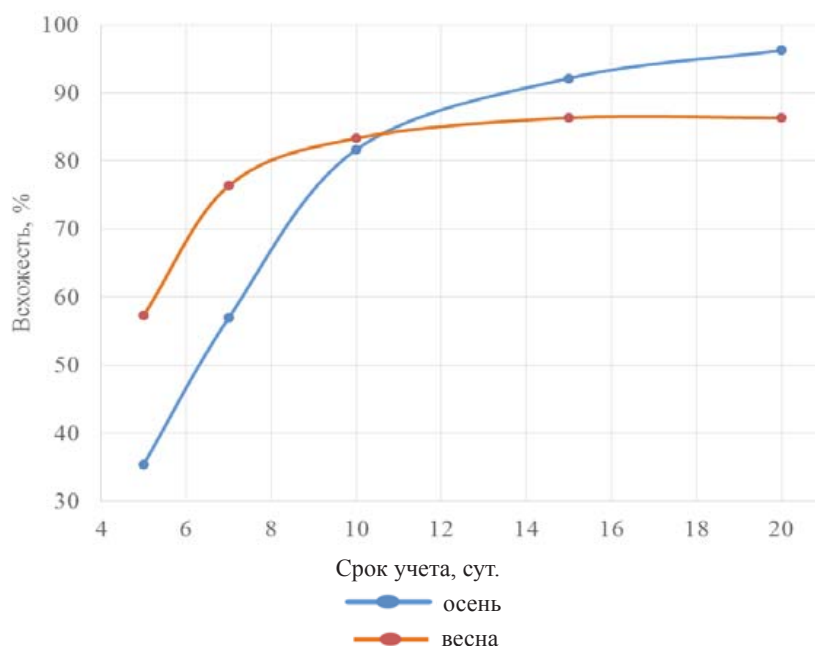


Рис. 4. Динамика всхожести желудей дуба черешчатого в зависимости от сезона заготовки

На основании полученных данных можно говорить о том, что низкие положительные температуры благоприятно влияют на желуди, а именно: чем дольше они в течение первого года хранения содержатся в таком температурном режиме, тем выше энергия прорастания, хотя всхожести с течением времени постепенно снижается. В наших опытах через 20 мес. значение энергии прорастания фактически достигает уровня всхожести (75 и 82 % соответственно), в то время как при сроке хранения 2 мес. это соотношение составляло 45 и 96 %.

Во время хранения желудей в полиэтиленовой пленке типа ПНД в течение 30 мес. их средняя влажность уменьшилась всего на 4,6 % от исходных $43,4 \pm 0,95$ %, то есть осталась вполне приемлемой. Разница между

показателями влажности до и после хранения оказалась даже менее существенной, чем между разными партиями желудей.

Очевидно, что на влажности желудей сказываются естественные факторы места произрастания конкретных насаждений дуба, такие как почвенные условия и общий уровень осадков в год заготовки. Тем не менее, различия по этому показателю между семенами, заготовленными в один и тот же месяц (сентябрь) в разные годы не достоверны на уровне значимости 0,05 (рис. 5). В связи с этим при организации длительного хранения желудей дуба черешчатого можно не учитывать их влажность, а также метеорологические условия в конкретный год заготовки и применять обычную методику.

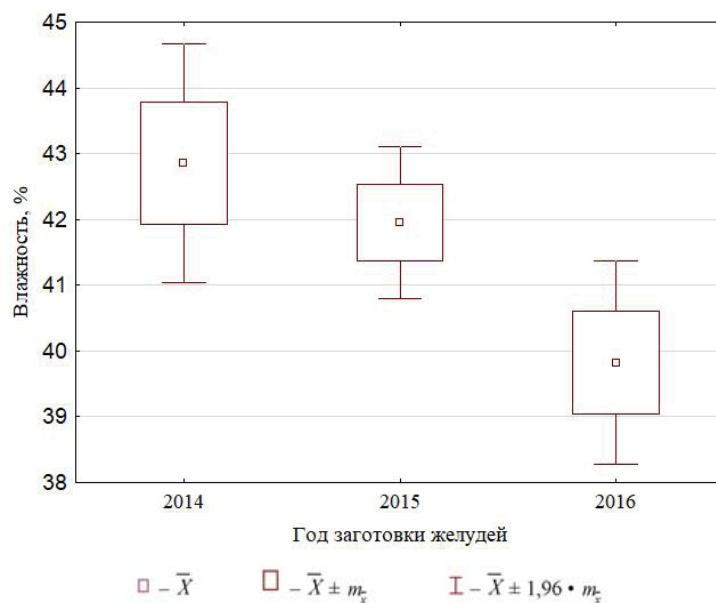


Рис. 5. Влажность желудей дуба черешчатого в разные годы (месяц заготовки – сентябрь)

Пример динамики изменения влажности в течение срока хранения свыше 30 мес. у разных партий желудей демонстрирует рису-

нок 6: в одних случаях желуди теряют влажность быстрее (партия № 7), в других – медленнее (партия № 8).

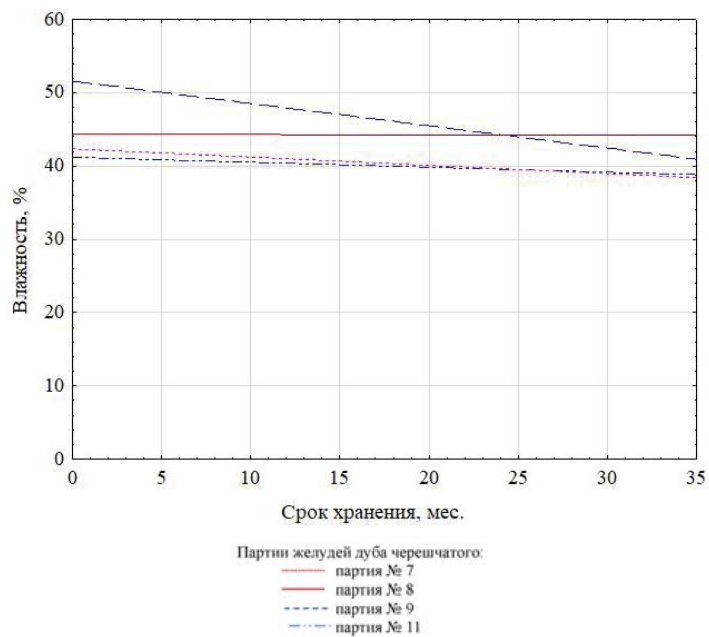


Рис. 6. Динамика влажности различных партий желудей дуба черешчатого в течение длительного хранения при температуре +2 °С

Различия между отдельными партиями семян по уровню влажности, достоверные на уровне значимости 0,05, наблюдаются как после 10 мес., так и после 21 мес. хранения (рис. 7, 8).

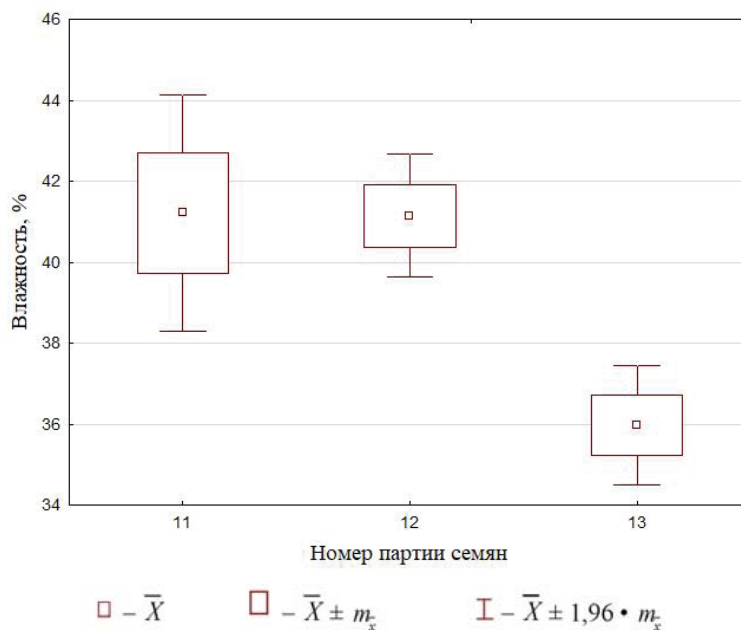


Рис. 7. Различия по влажности между партиями семян дуба черешчатого после хранения при температуре +2 °С в полиэтиленовой пленке ПНД в течение 10 мес.

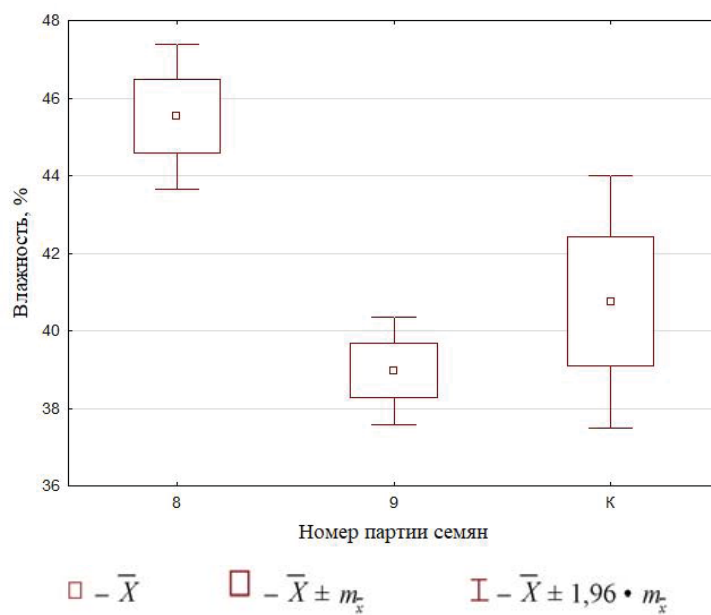


Рис. 8. Различия по влажности между партиями семян дуба черешчатого после хранения при температуре +2 °С в полиэтиленовой пленке ПНД в течение 21 мес.

Как показали исследования, использование в контейнерах пленки ПНД при содержании желудей при температуре +2 °С позволило сохранить их посевные качества на уровне первого класса в течение более 2,5 лет. Этот способ является хорошей альтернативой традиционно используемым методам хранения крупных партий желудей без потери их всхожести, при том, что он сопряжен с гораздо меньшими организационными трудностями. Кроме того, применение полиэтиленовой пленки позволяет контролировать текущее состояние желудей, что обычно затруднительно при других системах хранения. Тем не менее, при длительном хранении в условиях низких положительных температур грибная инфекция проявляется очень часто. Так, в наших экспериментах наблюдалось развитие на некротизированных тканях желудей грибов, относящихся преимущественно к роду *Penicillium*, что свидетельствует о том, что заражение происходит в первую очередь за счет микобиоты естественной среды. В связи с этим рекомендуется собирать желуди в возможно более ранние сроки, сокращая время пребывания их на поверхности почвы и лесной подстилки.

По результатам определения газового состава, обработанным с помощью дисперсион-

ного анализа, выявлено достоверное влияние типа полиэтиленовой пленки (ПВД или ПНД) на концентрацию CO_2 в контейнере с желудями. При этом в течение 2 месяцев хранения средняя концентрация углекислого газа внутри емкости составила $1,32 \pm 0,090 \%$, кислорода – $14,65 \pm 1,335 \%$ с варьированием по отдельным партиям семян. В целом, применение полиэтиленовой пленки в составе контейнеров для хранения желудей позволяет достичь повышения концентрации CO_2 с одновременным понижением содержания O_2 , при этом пленка типа ПВД по сравнению с ПНД при сопоставимой толщине оказывает более существенное влияние на изменение концентрации этих газов.

Толщина полиэтиленовой пленки влияет также и на влажность желудей в контейнерах при хранении их при температуре +2 °С в течение 6,5 мес. В соответствии с результатами регрессионного анализа зависимость влажности от толщины пленки типа ПВД имеет выраженный линейный тренд вида $Y = 0,0193X + 42,5136$ с коэффициентом детерминации 96,3 % (рис. 9). Тем не менее, по абсолютным значениям средняя влажность желудей в вариантах с разной толщиной пленки различается несущественно.

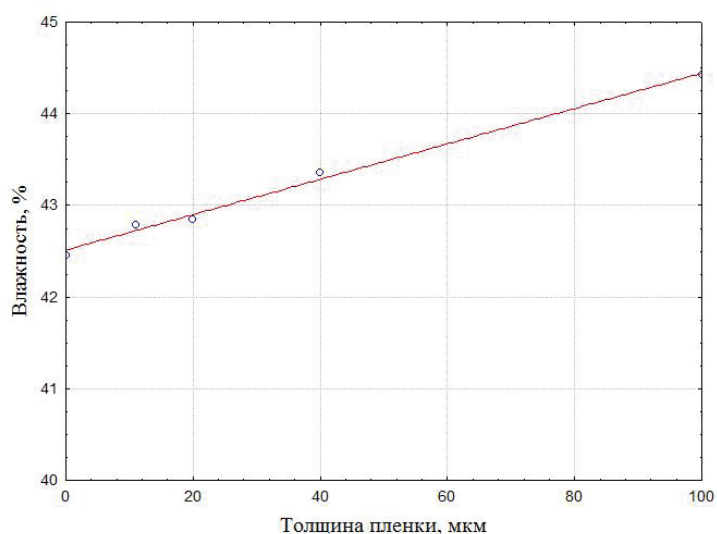


Рис. 9. Влияние толщины полиэтиленовой пленки типа ПВД на влажность желудей дуба черешчатого

Так, в колбах без пленки влажность желудей составляет 42,5 %, а при использовании пленки толщиной 100 мкм – 44,4 %. Такое небольшое различие может объясняться относительно невысокой долей площади, занимаемой полиэтиленовой пленкой от общей поверхности контейнера.

При хранении желудей в условиях отрицательных температур (–3 до 0 °С) в течение 3 месяцев в контейнерах с использованием

полиэтиленовой пленки ПВД получены данные о том, что показатели всхожести и энергии прорастания с увеличением толщины пленки от 11 до 100 мкм уменьшаются: первый из них в два, второй – более чем в 3 раза (табл.). В соответствии с результатами дисперсионного анализа приведенные различия достоверны на уровне значимости 0,05. При этом третий показатель – влажность желудей – увеличивается, хотя и незначительно.

Таблица

Средние значения показателей качества желудей дуба черешчатого по результатам хранения в течение 3 месяцев при отрицательных температурах в зависимости от толщины полиэтиленовой пленки

Толщина полиэтиленовой пленки ПВД, мкм	Влажность, %	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Без полиэтиленовой пленки	42,5 ± 0,70	43,8 ± 4,05	88,5 ± 4,91
11	42,8 ± 0,81	21,9 ± 7,20	80,1 ± 2,67
20	42,8 ± 2,00	27,3 ± 5,27	87,5 ± 5,42
40	43,4 ± 1,00	8,3 ± 3,47	68,8 ± 7,05
100	44,4 ± 0,51	8,4 ± 4,37	45,0 ± 8,00

Оценивая совокупность показателей «влажность-всхожесть» в этом эксперименте, можно сделать вывод о том, что оптимальное их сочетание характерно для контейнеров с полиэтиленовой пленкой толщиной 20 мкм. Полученные результаты аналогичны полученным при хранении желудей в течение длительного времени при низких положительных температурах +2 °С.

Выводы

На основании исследований по влиянию на всхожесть желудей дуба черешчатого различных режимов хранения сформулированы следующие краткие выводы:

– при хранении в условиях низких положительных температур в течение длительных сроков (до 35 мес.) значения показателей качества желудей закономерно снижаются. Так, через 2,5 года всхожесть уменьшается на 15–20 % от первоначального значения; энергия прорастания в первые 7–12 мес. увеличивает-

ся, затем со временем постепенно снижается; – наблюдается достоверное влияние низких положительных температур на значение энергии прорастания, что подтверждает важность использования этого показателя при организации хранения желудей дуба черешчатого;

– энергия прорастания желудей весенней заготовки достоверно превышает значения этого показателя у семян дуба, собранных осенью (76 % и 57 % соответственно), всхожесть при этом имеет обратное соотношение: 86 % и 96 %;

– различия по уровню влажности между желудями, заготовленными в различные годы, недостоверны, поэтому при организации длительного хранения семян дуба можно не учитывать их влажность в год сбора и применять общую методику заготовки, обработки и хранения желудей без учета метеорологических особенностей конкретного года;

– достоверные различия по уровню влаж-

ности между отдельными партиями желудей наблюдаются в течение всего периода хранения при низких положительных температурах;

– при закладке на хранение целесообразно обеспечить влажность семян дуба в диапазоне 40–45 % – показатели ниже 40 % приводят к быстрому высыханию желудей и потере ими всхожести, выше 45 % – делают их в большей степени подверженными заражению грибной инфекцией;

– по результатам анализа газового состава выявлено достоверное влияние типа полиэтиленовой пленки (ПВД или ПНД) на концентрацию углекислого газа внутри контейнера с желудями;

– средняя концентрация углекислого газа внутри емкостей с использованием полиэтиленовой пленки разного типа при хранении желудей в течение 2 месяцев составила 1,3 %, кислорода – 14,7 %. Достоверных различий между разными партиями семян по газовому составу в контейнерах не выявлено;

– отмечено влияние толщины полиэтиленовой пленки типа ПНД на концентрацию газов внутри контейнеров для хранения желудей. В частности, содержание углекислого газа при использовании толстой полиэтиленовой пленки (20 мкм) составило 1,52 %, тонкой пленки (11 мкм) – 1,12 %, концентрация кислорода в этих вариантах равнялась 12,4 % и 16,9 % соответственно;

– использование полиэтиленовой пленки в составе контейнеров для хранения желудей позволяет достичь повышенной концентрации углекислого газа с одновременным понижением содержания кислорода. При этом тип пленки однозначно влияет на уровень проницаемости для углекислого газа и кислорода: полиэтиленовая пленка типа ПВД при сопоставимой толщине более интенсивно изменяет концентрацию указанных газов по сравнению с полиэтиленовой пленкой типа ПНД;

– рекомендуемый температурный режим для хранения желудей определяется диапазоном от -1°C до $+2^{\circ}\text{C}$;

– оптимальная толщина полиэтиленовой пленки, позволяющая сохранить влажность желудей и обеспечить высокие показатели всхожести и энергии прорастания при длительном хранении, равняется 20 мкм;

– хранение желудей при низких положительных температурах с использованием полиэтиленовой пленки типа ПНД позволяет обеспечить сохранение необходимой влажности семян в течение продолжительного времени;

– использование полиэтиленовой пленки типа ПНД в составе контейнеров способствует сохранению требуемой влажности желудей, предотвращает их высыхание, приводящее к потере всхожести, и позволяет обеспечить посевные качества семян дуба черешчатого на уровне первого класса качества в течение срока хранения более 2,5 лет;

– метод хранения желудей в контейнерах с полиэтиленовой пленкой типа ПНД позволяет обеспечить сроки хранения, не уступающие по продолжительности традиционным методам. При этом такой способ сопряжен со значительно меньшими организационными трудностями, чем подавляющее большинство других методик хранения крупных партий семян дуба черешчатого;

– длительное хранение желудей с применением полиэтиленовой пленки позволяет обеспечить контроль текущего состояния семенного материала, что важно, прежде всего, для предотвращения развития грибной инфекции.

– использование контейнеров с полиэтиленовой пленкой позволяет обеспечить оптимальную влажность и всхожесть желудей в течение всего периода хранения, и такая упаковка может быть рекомендована для длительного хранения семенного материала дуба черешчатого.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авсиевич, Н.А. Режимы и способы длительного хранения желудей в условиях гипоксии / Н.А. Авсиевич, Г.М. Барабанщикова // Лесохозяйственная информация / ВНИИЛМ. – 1998. – № 5–6. – С. 5–17.
2. ГОСТ 13056.3–86. Семена деревьев и кустарников. Методы определения влажности. – Введ. 1986–08–26. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1986. – 15 с.
3. ГОСТ 13056.6–97. Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести. – Введ. 1998–03–12. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. – 27 с.
4. ГОСТ 16338–85. Полиэтилен низкого давления. Технические условия. – Введ. 1987–01–01. – М.: Стандартинформ, 2005. – 34 с.
5. ГОСТ 16337–77. Полиэтилен высокого давления. Технические условия. – Введ. 1979–01–01. – М.: Стандартинформ, 2005. – 13 с.
6. Заборовский, Е.П. Лесные культуры / Е.П. Заборовский; ред. В.П. Тимофеев. – М.: Лесная пром-сть, 1964. – 392 с.
7. Мамонов, Н.И. Дыхание желудей дуба в различных условиях хранения / Н.И. Мамонов // Генетика, селекция, семеноводство и интродукция лесных пород: Сб. науч. тр. / Гос. Комитет лесного хозяйства Совета Министров СССР; ЦНИИЛГиС. – Воронеж, 1975. – Вып. 2. – С. 81–89.
8. Мамонов, Н.И. Разработка технических условий по способам длительного хранения семян кедра сибирского и желудей дуба черешчатого / Н.И. Мамонов // Научно-исследовательские работы за 1981–1985 гг. / Минлесхоз РСФСР. – М.: Лесная пром-сть, 1986. – С. 212–216.
9. Ana, M.V. Application of biotechnological tools to *Quercus* improvement / M.V. Ana [et al.] // European Journal of Forest Research. – 2012. – V. 131, I. 3. – P. 519–539.
10. Berjak, P. Recalcitrant Seeds / P. Berjak, N.W. Pammenter // Handbook of seed physiology: applications to agriculture / R.L. Benesh-Arnold, R.A. Sanchez (eds). – New York-London-Oxford: The Haworth Press, 2004. – P. 305–345. – (Biologia Plantarum / Editor-in-Chief J. Pospisilova; Vol. 49, I. 2. – 174 p.).
11. Calistru, C. The effects of mycofloral infection on the viability and ultrastructure of wet-stored recalcitrant seeds of *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. / C. Calistru [et al.] // Seed Science Research / H.W.M. Hilhorst Wageningen University. – The Netherlands, 2000. – Vol. 10, I. 3. – P. 341–353.
12. Chmielarz, P. Cryopreservation of genetic resources of forest tree species / P. Chmielarz, M. Michalak // Наука о лесе XXI века: материалы междунар. научно-практ. конф., посвящ. 80-летию Института леса НАН Беларуси. – Гомель: Институт леса НАН Беларуси, 2010. – С. 109–112.
13. Comparative storage biology of tropical tree seeds / M. Sacande, D. Joker, M.E. Dulloo, K.A. Thomsen (eds.). – Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 2004. – 363p.
14. Daws, M.I. Variable desiccation tolerance in *Acer pseudoplatanus* seeds in relation to developmental conditions: a case of phenotypic recalcitrance? / M.I. Daws [et al.] // Functional Plant Biology. – 2006. – Vol. 33 (1). – P. 59–66.
15. Drew, P.J. 'Sub-imbibed' storage is not an option for extending longevity of recalcitrant seeds of the tropical species, *Trichilia dregeana* Sond. / P.J. Drew, N.W. Pammenter, P. Berjak // Seed Science Research / Cambridge University Press. – 2000. – Vol. 10, I. 3. – P. 355–363.
16. Ducouso, A. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (*Quercus robur* and *Q. petraea*) / A. Ducouso, S. Bordacs. – Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 2004. – 6 p.
17. Eggers, S. Storage and germination responses of recalcitrant seeds subjected to mild dehydration / S. Eggers [et al.] // Seeds biology, development and ecology: International Workshop on Seeds (2005: Brisbane, Qld.) / S.C. Navie, S.W. Adkins, S. Ashmore (eds). – Cambridge, MA: CABI, 2007. – P. 85–92.

18. Pasquini, S. Effect of different storage conditions in recalcitrant seeds of holm oak (*Quercus ilex* L.) during germination / S. Pasquini [et al.] // Seed Science and Technology / International Seed Testing Association. – 2011. – Vol. 39, № 1. – P. 165–177.
19. Pritchard, H.W. 100-seed test for desiccation tolerance and germination: a case study on eight tropical palm species / H.W. Pritchard [et al.] // Seed Science and Technology / International Seed Testing Association. – 2004. – Vol. 32, № 2. – P. 393–403.
20. Suszka, B. Storage of acorns of the English oak (*Quercus robur* L.) over 1–5 winters. / B. Suszka, and T. Tylkowski // Arboretum Kornickie. – 1980. – Vol. 25. – P. 199–229.
21. Varghese, B. Differential drying rates of recalcitrant *Trichilia dregeana* embryonic axes: a study of survival and oxidative stress metabolism / B. Varghese // Physiologia Plantarum. – 2011. – Vol. 142, I. 4. – P. 326–338.
22. Walters, C. Desiccation damage, accelerated ageing and respiration in desiccation-tolerant and sensitive seeds / C. Walters [et al.] // Seed Science Research. – 2001. – Vol. 11, I. 2. – P. 135–148.

REFERENCES

1. Avsiyevich N.A., Barabanshchikova G.M. Rezhimy i sposoby dlitel'nogo khraneniya zheludey v usloviyakh gipoksii. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya*, VNIILM, 1998, no. 5–6, pp. 5–17. (In Russian)
2. GOST 13056.3–86. Semena derevyev i kustarnikov. Metody opredeleniya vlazhnosti. – Vved. 1986–08–26, Moscow, IPK Izdatelstvo standartov, 1986. 15 p. (In Russian)
3. GOST 13056.6–97. Semena derevyev i kustarnikov. Metod opredeleniya vskhozhesti. – Vved. 1998–03–12. Moscow, IPK Izdatelstvo standartov, 1998. 27 p. (In Russian)
4. GOST 16338–85. Polietilen nizkogo davleniya. Tekhnicheskiye usloviya. Vved. 1987–01–01. Moscow, Standartinform, 2005, 34 p. (In Russian)
5. GOST 16337–77. Polietilen vysokogo davleniya. Tekhnicheskiye usloviya. Vved. 1979–01–01. Moscow, Standartinform, 2005, 13 p. (In Russian)
6. Zaborovsky Ye.P. Lesnye kultury. Ye.P. Zaborovsky; red. V.P. Timofeyev. Moscow, Lesnaya prom-st, 1964, 392 p. (In Russian)
7. Mamonov N.I. Dykhaniye zheludey duba v razlichnykh usloviyakh khraneniya. *Genetika, selektsiya, semenovodstvo i introduktsiya lesnykh porod*, Sb. nauch. tr., Gos. Komitet lesnogo khozyaystva Soveta Ministrov SSSR; TsNIILGiS, Voronezh, 1975, vyp. 2, pp. 81–89. (In Russian)
8. Mamonov N.I. Razrabotka tekhnicheskikh uslovy po sposobam dlitel'nogo khraneniya semyan kedra sibirskogo i zheludey duba chereshchatogo. *Nauchno-issledovatel'skiye raboty za 1981–1985 gg.*, Minleskhoz RSFSR. Moscow, Lesnaya prom-st, 1986, pp. 212–216. (In Russian)
9. Ana, M.V. Application of biotechnological tools to *Quercus* improvement. *European Journal of Forest Research*, 2012, vol. 131, I. 3, pp. 519–539.
10. Berjak P., Pammenter N.W. Recalcitrant Seeds. Handbook of seed physiology: applications to agriculture, R.L. Benech-Arnold, R.A. Sanchez (eds). New York-London-Oxford: The Haworth Press, 2004, pp. 305–345. (*Biologia Plantarum*, Editor-in-Chief J. Pospisilova; vol. 49, I. 2, 174 p.).
11. Calistru C. The effects of mycofloral infection on the viability and ultrastructure of wet-stored recalcitrant seeds of *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. *Seed Science Research* / H.W.M. Hilhorst Wageningen University. The Netherlands, 2000, vol. 10, I. 3, pp. 341–353.
12. Chmielarz P., Michalak M. Cryopreservation of genetic resources of forest tree species. *Nauka o lese XXI veka: materialy mezhdunar. nauchno-prakt. konf., posvyashch. 80-letiyu Instituta lesa NAN Belarusi*. Gomel, Institut lesa NAN Belarusi, 2010, pp. 109–112.

13. Comparative storage biology of tropical tree seeds. M. Sacande, D. Joker, M.E. Dulloo, K.A. Thomsen (eds.). Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 2004. 363 p.
14. Daws M.I., Cleland H., Chmielarz P., Gorian F., Leprince O., Mullins C. E., Thanos C. A., Vandvik V., Pritchard H. W. Variable desiccation tolerance in *Acer pseudoplatanus* seeds in relation to developmental conditions: a case of phenotypic recalcitrance? *Functional Plant Biology*, 2006, vol. 33 (1), pp. 59–66.
15. Drew P.J., Pammenter N.W., Berjak P. 'Sub-imbibed' storage is not an option for extending longevity of recalcitrant seeds of the tropical species, *Trichilia dregeana* Sond. *Seed Science Research*. Cambridge University Press. 2000, vol. 10, I. 3, pp. 355–363.
16. Ducouso A., Bordacs S. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (*Quercus robur* and *Q. petraea*), Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 2004, 6 p.
17. Eggers S., Erdey D., Pammenter N. W., Berjak P., Adkins S. W., Ashmore S., Navie S. C. Storage and germination responses of recalcitrant seeds subjected to mild dehydration. Seeds biology, development and ecology: International Workshop on Seeds (2005: Brisbane, Qld.), S.C. Navie, S.W. Adkins, S. Ashmore (eds). Cambridge, MA: CABI, 2007, P. 85–92.
18. Pasquini S., Braidot E., Petrusa E., Vianello A. Effect of different storage conditions in recalcitrant seeds of holm oak (*Quercus ilex* L.) during germination. *Seed Science and Technology*, International Seed Testing Association, 2011, vol. 39, no. 1, pp. 165–177.
19. Pritchard H.W., Wood C.B., Hodges S.S.; Vautier H.J. 100-seed test for desiccation tolerance and germination: a case study on eight tropical palm species. *Seed Science and Technology*, International Seed Testing Association, 2004, vol. 32, no. 2, pp. 393–403.
20. Suszka B., Tylkowski T. Storage of acorns of the English oak (*Quercus robur* L.) over 1–5 winters. *Arboretum Kornickie*, 1980, vol. 25, pp. 199–229.
21. Varghese B. Differential drying rates of recalcitrant *Trichilia dregeana* embryonic axes: a study of survival and oxidative stress metabolism. *Physiologia Plantarum*, 2011, vol. 142, I. 4, pp. 326–338.
22. Walters C., Pammenter N.W., Bejjak P., Crane J. Desiccation damage, *accelerated ageing and respiration in desiccation-tolerant and sensitive seeds*. *Seed Science Research*, 2001, vol. 11, I. 2, pp. 135–148.

Статья поступила в редакцию 13.03.2018