

**Опыт проращивания семян *Liriodendron tulipifera* L. (Magnoliaceae)
для проведения интродукционных испытаний
в лаборатории дендрологии ГБС РАН**

**Propagating *Liriodendron tulipifera* L. (Magnoliaceae)
from seeds for introduction trials
in the dendrology department of N. V. Tsitsin Main Botanical Garden RAS**

Яценко И. О., Яценко О. В., Михеева С. В.

Yatsenko I. O., Yatsenko O. V., Mikheeva S. V.

Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН, г. Москва, Россия.

E-mails: i_o_yatsenko@mail.ru; olga.yatsenko.msu@gmail.com; mikheeva.mbg.ras@gmail.com

N. V. Tsitsin Main Botanical Garden of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Реферат. В целях пополнения коллекции дендрария ГБС РАН новыми образцами *Liriodendron tulipifera* L. нами были собраны семена этого вида с культивируемых растений в городах Европы и в г. Москве. Для получения всходов нами была адаптирована и опробована методика циклов коротких стратификаций, а также высев семян в контейнеры и естественная теплая и холодная стратификация в разных сочетаниях. У двух из четырех образцов, подвергнутых коротким стратификациям, удалось через месяц получить всходы, что дополняет известные литературные данные о типе покоя этих семян и имеет практическую ценность для размножения этого вида.

Ключевые слова. Покой семян, размножение древесных растений, семенное размножение, теплая стратификация, холодная стратификация.

Summary. The seeds of *Liriodendron tulipifera* L. were collected from cultivated plants in Europe and Moscow for the purpose of collection replenishment in the arboretum of N.V. Tsitsin Main Botanical Garden, RAS. In order to get seedlings we have specialized and tested a method of short stratification cycling and also used a standard procedure of sowing in containers combined with natural cycles of warm and cold conditions. Two of four samples of seeds exposed to short stratification cycling yielded a number of germinations in a month. This phenomenon complements the known literature data concerning the type of dormancy in the seeds of this species, being also of a practical value for its propagation.

Key words. Cold stratification, seed dormancy, seed propagation, warm stratification, woody plant propagation.

Введение. *Liriodendron* L. (тюльпанное дерево) – олиготипный род, принадлежащий семейству Magnoliaceae, включает всего 2 вида. В культуре наиболее распространенным видом является *Liriodendron tulipifera* L., происходящий из лесов восточной части Северной Америки и более зимостойкий, чем второй вид, *Liriodendron chinense* (Hemsl.) Sarg., произрастающий в юго-восточной части Китая и на севере Вьетнама. *Liriodendron tulipifera* является ценным декоративным древесным растением, используется в озеленении как на родине, так и за ее пределами, и представляет большой интерес для более широкого введения в культуру в средней полосе России.

В целях восстановления дендрологической коллекции ГБС и пополнения ее новыми видами и образцами (Яценко и др., 2019, 2021), мы предприняли попытку получить новые растения *L. tulipifera* из семян, так как вегетативное размножение *L. tulipifera*, хоть и возможно, но затруднительно (Enright, 1957; Фирсов и др., 2018). Стандартная практика высева семян осенью в грунт для прохождения холодной стратификации и получения всходов весной дает нестабильные результаты или вообще не позволяет получить живые растения, поскольку в течение нескольких лет ожидания всходов в грунте возможность контроля сохранности семян сильно затруднена. Это привело к необходимости поиска способов более надежного получения сеянцев этого вида, а в идеале и более быстрого. Мы считаем, что

выращивание растений путем семенного воспроизведения имеет высокое значение для стабильного и качественного пополнения коллекции, так как является наиболее подходящим способом получить устойчивые в местном климате растения.

В природе и, как правило, в культуре, *L. tulipifera* плодоносит практически ежегодно и обильно. Сам плод представляет собой многоорешек, состоящий из апокарпных плодиков – крылатых орешков, расположенных спирально на вытянутой оси. В каждом из орешков находится по 1–2 семени. В каждом плоде насчитывается 65–120 орешков (Романов, 2004), то есть один плод потенциально способен дать до 240 семян. Несмотря на это, размножение *L. tulipifera* семенным способом осложнено двумя основными причинами. Первая – это значительное преобладание пустых орешков в плодах. Согласно наблюдениям, производившимся в природных популяциях, низкая выполненность семян, вероятно, связана с неэффективным перекрестным опылением и частичной самостерильностью (Carpenter, Guard, 1950; Burns, Honkala, 1990). По разным оценкам, выполненность семян в плоде достигает не более 35 %, чаще около 10 % (Bonner, Karrfalt, 2008), хотя при контролируемом опылении удавалось получить выполненность до 90 % (Burns, Honkala, 1990).

Вторая причина – наличие специфического типа покоя. Имеющиеся в литературе данные противоречивы и не позволяют однозначно его классифицировать (Jensen, 1937; Barton, Crocker, 1948; Schormeyer, 1974; Николаева и др., 1985; Deno, 1996; С. С. Baskin, J. М. Baskin, 2014). Часть источников дает о нем представление только косвенным образом, через условия, при выполнении которых были получены всходы. Другая часть рассматривает также строение и поведение зародыша внутри семени. Таким образом, некоторые литературные источники утверждают, что покой семян *L. tulipifera* снимается холодной стратификацией (Jensen, 1937; Barton, Crocker, 1948; Schormeyer, 1974; Сулыга, 2015), то есть выдержкой семян при низкоположительных температурах во влажной среде в течение 2–4 месяцев. Этот способ чаще всего рекомендуется для семян с физиологическим покоем, т. е. в случае, если зародыш сформирован, но находится под действием комплекса эндогенных факторов, сдерживающих прорастание. Есть данные о получении всходов в течение месяца путем весеннего посева семян, не подвергавшихся холодной стратификации (Бородина и др., 1970). N. С. Deno (1996), в свою очередь, указывает на необходимость предварительной теплой стратификации, которая обычно необходима для семян с морфофизиологическим покоем (Николаева и др., 1985). Теплая стратификация – это выдерживание семян во влажной среде при температурах, приблизительно соответствующих летним в умеренном климате: 20–30 °С.

Источники, рассматривающие покой семян *L. tulipifera* через призму анатомии и физиологии, также расходятся в своих оценках. Впервые достаточно детальная система типов покоя семян, учитывающая анатомию зародыша, была разработана М. Г. Николаевой и соавт. (1985), а более современная и точная классификация предложена С. С. Baskin и J. М. Baskin (2014). Первые описывают покой семян тюльпанного дерева как «сложный глубокий морфофизиологический, с сильным тормозящим действием околоплодника». Они присваивают семени характеристику сложного покоя в случае необходимости низкоположительных температур не только для прорастания, но и для доразвития зародыша, а характеристику глубины покоя – на основании реакции зародыша на стимуляцию гиббереллиновой кислотой. В случае если замена холодной стратификации обработкой гиббереллиновой кислотой не приводила к прорастанию, либо приводила к аномалиям в развитии проростков, семена данного вида характеризовались как обладающие глубоким покоем. С. С. Baskin и J. М. Baskin соглашаются, что тип покоя морфофизиологический, т. е. зародыш недоразвит и при этом присутствует физиологический механизм торможения (ФМТ), но на основании температур, индуцирующих рост зародыша, указывают, что он простой и неглубокий.

Также следует отметить, что *L. tulipifera* принадлежит к порядку Magnoliales, а для большинства его представителей было установлено наличие недоразвитого зародыша и, соответственно, морфологического или морфофизиологического покоя (Николаева, 1999).

Семенам, обладающим морфофизиологическим покоем, как правило, необходимо, помимо устранения физиологических механизмов торможения (выраженных в слабом газообмене в тканях и пониженной ростовой активности), также обеспечить доразвитие зародыша, что происходит во влажной среде при умеренно высоких температурах в течение длительного времени (как правило, нескольких месяцев) (Николаева и др., 1985).

Итак, для успешного получения проростков *L. tulipifera* необходимо преодолеть низкую выполненность семян и их покой. Нами была предпринята попытка проращивания семян из четырех разных источников с использованием серии коротких стратификаций – чередования воздействия на семена высокими и низкими температурами каждые две недели, начиная с высоких. В данной статье для кратко-

сти нами будет использоваться название «метод циклов коротких стратификаций» – ЦКС. В садоводческой практике короткая (от 2 недель до 1 месяца) холодная стратификация нередко применяется для проращивания семян с неглубоким покоем, что совместно с информацией из упомянутых литературных источников привело нас к разработке и испытанию данной методики для семян тюльпанного дерева.

Материалы и методы. Для интродукционных испытаний в питомнике лаборатории дендрологии с 2018 по 2021 гг. были получены семена из четырех источников, включающих три локации в Европе и одну в г. Москве (табл. 1). Семена из части источников были поделены на 2 образца в зависимости от их количества.

Таблица 1

Происхождение всех образцов *Liriodendron tulipifera*

Место сбора	Дата сбора	№ образца
Россия, г. Москва, дендрологический сад им. Р. И. Шредера	2018 октябрь	3, 5
Германия, г. Байройт, парковый комплекс «Эрмитаж»	2018 ноябрь	2
Германия, г. Эрланген, ботанический сад	2018 ноябрь	1
Чехия, г. Марианске-Лазне, городской парк	2019 октябрь	4, 6

Материал отбирался с культивируемых растений по принципу доступности для самостоятельного сбора семян и относительно близких условий произрастания материнских растений к условиям дендрария ГБС РАН.

Собранные плоды были подсушены при комнатной температуре несколько дней и далее хранились при температуре 3–5 °С.

Наблюдения проводились за 6 образцами. Во всех образцах семена инкубировали вместе с оболочкой перикарпия, удалялось только крыло плодика-крылатки. В силу ограниченного количества семян образцов определение выполненности для оценки их жизнеспособности производилось только для семян из Чехии (образцы №№ 6, 4). Для них определение выполненности было сделано путем взрезания, выполненность составила 30 %.

На семенах образцов № 1–4 был опробован метод циклов коротких стратификаций (ЦКС), состоящий из следующих этапов:

1. Семена перемешивали с влажным мхом-сфагнумом, помещали в герметичные полиэтиленовые пакеты и держали в темноте при 25–30 °С в течение 2 недель (теплая стратификация).
2. По истечению 2 недель каждый пакет перемещали в холодильную камеру, где он выдерживался в темноте при температуре 5–10 °С в течение еще 2 недель (холодная стратификация). Этапы 1) + 2) – это 1 цикл.
3. Далее пакет перемещали снова в тепло и, в случае отсутствия прорастания в течение 2 недель, повторяли цикл несколько раз, до появления первых признаков прорастания семян. При прохождении периода теплой стратификации раз в несколько дней производился осмотр семян и контроль влажности.

Данный протокол стратификации, за исключением сроков, основан на методике N. C. Deno (1996), применявшейся для поиска наиболее эффективного способа вывода семян из покоя. Выбор нами субстрата (сфагнум вместо бумажных полотенец в оригинальной методике) был продиктован размером семян и волокнистой структурой, обеспечивающей семенам такого размера оптимальный баланс влажности и доступа воздуха, а также фунгистатическими свойствами сфагнового мха (Юдина и др., 1999), что позволяет минимизировать нагрузку на семена патогенной микрофлорой, особенно в период прохождения теплой стратификации.

В случае обнаружения прорастания семян при прохождении ЦКС весь образец изымался и высеивался в закрытом грунте (отапливаемая с ноября по апрель теплица) в контейнеры со следующим субстратом: торф нейтрализованный с дерновой землей и песком в соотношении 3:1:1. Температурный режим в отапливаемой теплице: 25–35 °С в тёплое время года, 10–15 °С в холодное. В неотапливаемой теплице: 25–35 °С в тёплое время года, –5...+10 °С в холодное.

Семена считались проросшими при появлении корешка длиной более 5 см. Проросшие в процессе прохождения ЦКС семена оставляли в отапливаемой теплице, непроросшие – в неотапливаемой,

с целью воздействия на них близких к естественным срокам и колебаний температур. Образцы № 2 и № 3, при отсутствии прорастания после нескольких циклов, посеяли в контейнер осенью и оставили в отапливаемой теплице до декабря. Контейнер № 3 для прохождения естественной стратификации на зиму переместили в неотапливаемую теплицу.

При посеве семян в контейнер семена считались проросшими при появлении над уровнем субстрата семядольного колена.

Испытание методики ЦКС было произведено с января по октябрь 2019 г., за исключением образца № 4 (в январе 2020 г.).

Образцы №№ 5, 6, не проходившие испытание ЦКС, были посеяны напрямую в контейнеры в закрытом грунте и оставлены в неотапливаемой теплице в январе 2019 и в июле 2020 гг. соответственно.

Результаты. Нами были получены всходы во всех 6 образцах (рис.).

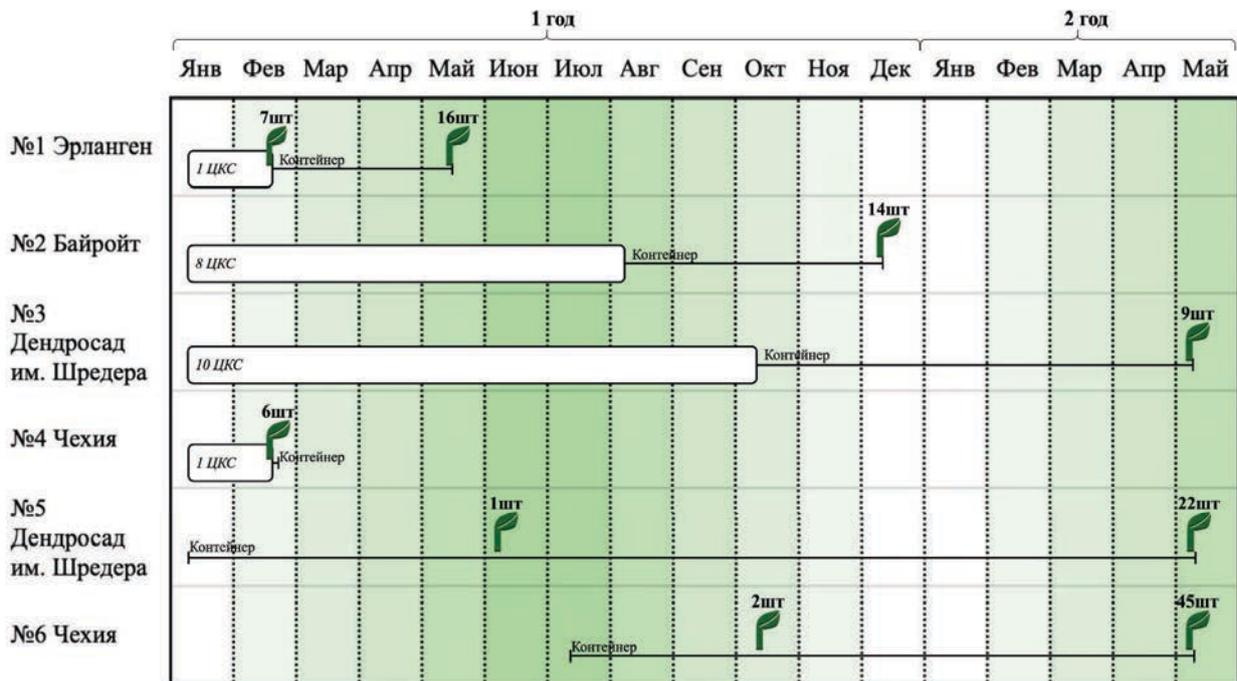


Рис. Условия инкубирования всех образцов *Liriodendron tulipifera* и количество полученных всходов в течение всего времени наблюдений.

Итоги посева семян, проходивших испытание методикой ЦКС (образцы № 1–4).

В образцах №№ 1, 4 проросла значительная часть семян после одного цикла коротких стратификаций, т. е. всего через месяц (2 недели теплой стратификации + 2 недели холодной), вскоре после перемещения семян в тепло (25–30 °С). После высева всех невзошедших семян этих образцов в неотапливаемую теплицу, где они были подвержены естественным колебаниям зимних температур, частично смягченным условиями закрытого грунта, образец № 1 дал следующую волну всходов позже в том же году (весной). Образец № 4, дав сходное количество всходов в начале, не повторил этот паттерн, и далее в нем всходов не наблюдалось в течение всех последующих лет наблюдения (до конца 2021 г.). В образцах №№ 2, 3 прорастания после первого ЦКС не наблюдалось; после нескольких циклов коротких стратификаций (восьми и десяти соответственно) также не было зарегистрировано ни одного прорастания, и испытания ЦКС к началу осени были закончены. Эти два образца были высеваны в контейнеры в отапливаемой теплице для перемещения их в конце декабря в неотапливаемую теплицу для зимней холодной стратификации согласно общему протоколу для покоящихся семян. Однако один из этих образцов, посеянный ранней осенью (№ 2), дал массовые всходы в начале зимы. Образец № 3, посеянный той же осенью, но позже, взошел уже весной следующего года.

Итоги посева семян без ЦКС (№№ 5, 6).

Образцы №№ 5, 6, посеянные без ЦКС, продемонстрировали поведение, по-видимому, и давшее ранее (Николаева и др., 1985; Deno, 1996; С. С. Baskin, J. М. Baskin, 2014) основания предполагать у них наличие морфофизиологического сложного глубокого покоя.

Образец № 5, прошедший сначала только естественную холодную стратификацию, дал один всход, и только после прохождения естественной теплой стратификации в течение лета, на следующий год, было получено 22 сеянца. Образец № 6, посеянный летом, прошел таким образом теплую стратификацию в течение 3 месяцев, взошел в количестве 2 шт. поздно осенью, а на следующий год весной взошел в количестве 45 шт. Для этого образца имеются результаты определения выполненности путем разрезания – 30 %. Соответственно, если из посеянных ~300 семян, выполненных было около 90, то взошла примерно половина семян. Однако известно, что определение выполненности путем разрезания – недостаточно точный метод и может не отражать реальную жизнеспособность семян. Последующие наблюдения за этим образцом показали, что всходов больше нет, то есть жизнеспособность может быть значительно ниже предполагаемой по данным разрезания.

Таблица 2

Количество полученных всходов и выполненных семян *Liriodendron tulipifera*

№ образца	Происхождение образца	Кол-во семян*, шт.	ЦКС?	Ожидаемое количество выполненных семян, шт. (исходя из лит. данных** – (3,5) 10 (35) %)	Всего всходов получено, шт.	Взошло после 1 цикла КС, шт.	Взошло после 1 цикла КС, % от выполненных семян
1	Эрланген	~150	да	(5)15(52)	23	7	13–30
2	Байройт	~150	да	(5)15(52)	14	0 (всего 8 циклов)	0
3	Дендросад им. Шредера	~150	да	(5)15(52)	9	0 (всего 10 циклов)	0
4	Чехия	~150	да	(5)15(52)	6	6	13–27
5	Дендросад им. Шредера	~180	нет	(6)18(63)	23	–	–
6	Чехия	~300	нет	(10)30(105)	47	–	–

Примеч.: *Были высеяны все полученные семена, как выполненные, так и пустые. **Bonner, Karrfalt, 2008.

Обсуждение. Мы получили неоднородные результаты прорастания семян у разных образцов, среди которых наиболее неожиданным является прорастание значительного количества семян после всего одного цикла коротких стратификаций, то есть через месяц после начала ЦКС. Его продемонстрировали образцы № 1 и № 4.

В образце № 1 удалось получить через месяц 7 проростков, затем, через 3 месяца, уже при естественных колебаниях температур, еще 16, т. е. суммарно 23 всхода, что, учитывая посеянные 150 семян, соответствует литературным данным о соотношении выполненных и пустых семян. Всходов в последующие годы больше не было, поэтому в случае, если все выполненные семена уже взошли, доля семян, вышедших из покоя всего через один цикл короткой стратификации, может достигать почти 1/3 от общего числа проросших семян в образце № 1. Если же взошли не все выполненные семена, то доля взошедших после 1 ЦКС ниже, но не менее 13 %.

Похожим образом обстоит дело и с образцом № 4 – 6 проросших семян после 1 цикла, при сходном количестве семян в образце. Для этого образца имеются как данные разрезания (выполненность образца около 30 %, т. е. выполненных семян около 45 из 150, следовательно, после 1 ЦКС взошло 13 % этих семян), так и данные всходов образца № 6 (того же происхождения). Если допустить, что взошли все выполненные семена образца № 6, то тогда выполненность семян чешского происхождения составляет около 15 %, а значит, в образце № 4 количество выполненных семян равно 22, и, таким образом, количество проросших семян после всего одного ЦКС может достигать 27 % от выполненных. Такое поведение не соответствует определению типа покоя семян *L. tulipifera*, описанному в литературных источниках как морфофизиологический. Он снимается либо комбинацией нескольких месяцев теплой, а затем холодной стратификаций, либо долгой холодной стратификацией (4 и более месяцев) (Николаева и др., 1985; Deno, 1996; С. С. Baskin, J. М. Baskin, 2014).

На основании наших результатов нельзя утверждать, что в целом у вида покой неглубокий или отсутствует: два образца не отреагировали прорастанием семян на ЦКС, а посеяны без использования

этого метода так же явно продемонстрировали необходимость как в теплой стратификации для доразвития зародыша, так и в снятии физиологического механизма торможения холодной стратификацией. Известно, что семена тюльпанного дерева относятся к числу долгоживущих в почве, сохраняя жизнеспособность 4–7 лет (Clark, Boyce, 1964), что также указывает на то, что у них есть выраженный покой и сложная система его регулирования.

В пользу необходимости более долгой, чем две недели, стратификации свидетельствует и поведение образцов №№ 2, 6, давших осенне-зимние всходы. В случае образца № 2 они также были и массовыми, показывающими соответствие условий их инкубации условиям снятия покоя. Вероятно, дело в том, что этому образцу требовались не месяцы, но все-таки более продолжительные, чем 2 недели, периоды теплой и/или холодной стратификации, и поэтому им хватило условий ранней осени (т. е. теплой стратификации) и короткого охлаждения в середине осени до зимних морозов (т. е. холодной стратификации), чтобы выйти из покоя при включении отопления в теплице. А образец № 6, находившийся вместе с № 2 в той же теплице и, соответственно, прошедший одну долгую теплую стратификацию и одну короткую холодную, демонстрирует наличие неизвестных дополнительных факторов, влияющих на всхожесть: семена одного и того же происхождения в одном случае дали всходы в первый же цикл коротких стратификаций (№ 4), но при этом во втором (№ 6) не дали сколь-либо значимую всхожесть, несмотря на наличие примерно того же цикла теплой и холодной стратификации, но растянутого по времени на несколько месяцев. Они продемонстрировали типичный паттерн – дружные всходы весной только после нескольких месяцев теплой стратификации и стандартной холодной стратификации в течение зимы.

Имеющиеся данные наводят на предположение о том, что у некоторых популяций и/или экземпляров *L. tulipifera* присутствует явление, аналогичное гетерокарпии, в классическом виде встречающейся у травянистых представителей эволюционно более продвинутых порядков, таких, как *Ariaceae*, *Asteraceae*, *Brassicaceae*, *Fabaceae*, *Poaceae* и др. (Ткаченко, 2009; Опарина, 2011). Однако в данном случае речь идет не столько о морфологическом, сколько о физиологическом ее аспекте: растение в пределах одного урожая формирует разнокачественные семена, обладающие разными степенями глубины покоя, отличающимися настолько, что их можно отнести к разным типам внутри классификации. Данное предположение может объяснить столь противоречивые литературные данные о типах покоя и условиях прорастания семян тюльпанного дерева. Авторы рекомендаций холодной стратификации (Jensen, 1937; Barton, Crocker, 1948; Schorpmeyer, 1974) имели дело с большими популяциями местных растений и массовыми посевами свежих семян в грунт, где они могли успевать проходить теплую стратификацию, а индивидуальные различия в требованиях к стратификации не были заметны. Другие же, скорее всего, имели дело с индивидуальными экземплярами или небольшими их группами и составляли впечатление на основе значительно более ограниченной выборки и, следовательно, более заметных отличий (Бородина и др., 1970; Николаева и др., 1985; Deno, 1996; С. С. Baskin, J. М. Baskin, 2014).

Заключение. Полученные нами данные о поведении семян *L. tulipifera* разного происхождения при прохождении предпосевной подготовки по вышеописанной методике стратификаций служат основанием для дальнейшего исследования возможности комбинации разных типов или степеней покоя семян внутри не только вида и популяции, но и потомства конкретного экземпляра. Обнаруженные нами особенности покоя, а именно, неглубокий покой значительного количества (до трети) выполненных семян, позволяют рекомендовать предложенный метод циклов коротких стратификаций как способ ускоренного получения саженцев *L. tulipifera* для некоторых образцов семян. Однако подбирать методику ускоренного получения сеянцев все же необходимо экспериментально, так как признаков, указывающих на то, подействует ли метод ЦКС на данный конкретный образец семян, не было выявлено. Согласно нашему опыту, для гарантированного получения сеянцев лучше всего часть семян одного и того же образца подвергнуть воздействию ЦКС, а часть нет. На данном этапе с практической точки зрения мы получили необходимый для нас результат, но для законченности исследования и для получения статистически более значимых результатов, следует повторить часть испытаний на сравнимом количестве семян различного происхождения, а также с использованием более точных методов оценки жизнеспособности семян, таких, как тетразолюно-топографический и рентгенографический. Учитывая в целом малоизученность гетерокарпии у древесных растений и связь ее с характеристикой покоя семян, налицо необходимость дальнейшего изучения семенного материала не только рода *Liriodendron*, но и других древесных, обладающих морфофизиологическим типом покоя семян, как в анатомическом и биохимическом аспектах, так и в практическом – путем экспериментов с разными комбинациями способов и сроков стратификации.

Благодарности. Выражаем глубокую признательность дендрологическому саду им. Шредера, а также ботаническому саду Университета им. Фридриха-Александра в Эрлангене и Нюрнберге за предоставленный семенной материал.

ЛИТЕРАТУРА

- Бородина Н. А., Комаров И. А., Лапин П. И.** Семенное размножение интродуцированных древесных растений: справочное издание. – М.: Наука, 1970. – 320 с.
- Николаева М. Г., Разумова М. В., Гладкова В. Н.** Справочник по проращиванию покоящихся семян. – Л.: Наука, 1985. – 348 с.
- Николаева М. Г.** Особенности прорастания семян в зависимости от филогенетического положения растений и эколого-географических условий их обитания // Физиология растений, 1999. – Т. 46(3). – С. 432–437.
- Опарина С. Н.** Сравнительно-морфологический и экологический анализ генеративной гетеродиспории у *Falcaria vulgaris* Bernh. (Umbelliferae) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии, 2011. – Т. 3. – С. 129–137.
- Романов М. С.** Сравнительная карпология рода *Liriodendron* L. (Magnoliaceae s. str.) в связи с его положением в филогенетической системе // Бюллетень Главного ботанического сада, 2004. – № 188. – С. 147–155.
- Сулыга Н. В.** Особенности семенного размножения *Liriodendron tulipifera* L. в условиях интродукции в Правобережной Лесостепи Украины // Hortus Botanicus, 2015. – № 10. – С. 203–211. DOI: 10.15393/j4.art.2015.2841
- Ткаченко К. Г.** Гетеродиспория и сезонные колебания в ритмах прорастания // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 2009. – Т. 11(66). – С. 44–50.
- Фирсов Г. А., Семенова Н. С., Трофимук Л. П.** Род *Liriodendron* L. (Magnoliaceae) в Санкт-Петербурге и Ленинградской области // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле», 2018. – Т. 28(3). – С. 235–241.
- Юдина Н. В., Писарева С. И., Зверева А. В., Дмитрук С. Е., Калинкина Г. И.** Полисахариды из торфов и мхов // Химия растительного сырья, 1999. – Т. 4. – С. 97–100.
- Яценко И. О., Рысин С. Л., Яценко О. В.** Интродукция новых родов древесных растений в дендрарий Главного ботанического сада РАН // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии, 2019. – Т. 18, № 1. – С. 650–652. DOI: 10.14258/pbssm.2019137
- Яценко И. О., Яценко О. В., Михеева С. В.** Пополнение ассортимента коллекции дендрария Главного ботанического сада РАН // Бюллетень Главного ботанического сада, 2021. – № 1. – С. 9–19.
- Barton L. V., Crocker W.** Twenty Years of Seed Research. – London: Faber & Faber, 1948. – 148 p.
- Baskin C. S., Baskin J. M.** Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination, 2nd edn. – San Diego, CA: Elsevier Academic Press, 2014. – 1600 p.
- Bonner F. T., Karrfalt R. P.** The Woody Plant Seed Manual, Agriculture Handbook 727. – Washington, DC: Forest Service, US Department of Agriculture, 2008. – 1233 p.
- Burns R. M., Honkala B. H.** Silvics of North America: 2. Hardwoods. Agriculture Handbook 654. – Washington, DC: Forest Service, US Department of Agriculture, 1990. – 877 p.
- Carpenter I. W., Guard A. T.** Some effects of cross-pollination on seed production and hybrid vigor of tuliptree // Journal of Forestry, 1950. – Vol. 48(12). – P. 852–855. DOI: <https://doi.org/10.1093/jof/48.12.852>
- Clark F. B., Boyce S. G.** Yellow-poplar seed remains viable in the forest litter // Journal of Forestry, 1964. – Vol. 62(8). P. 564–567.
- Deno N. C.** First Supplement to Seed Germination Theory and Practice. – State College, 1996. – 107 p.
- Enright L. J.** Vegetative propagation of *Liriodendron tulipifera* // Journal of Forestry, 1957. – Vol. 55(12). – P. 892–893. DOI: <https://doi.org/10.1093/jof/55.12.892>
- Jensen L. P.** Growing woody plants from seeds // Missouri Botanical Garden Bulletin, 1937. – Vol. 25(3). – P. 53–58 (incl. pl. 9–10).
- Schopmeyer C. S.** Seeds of Woody Plants in the United States. – Washington, DC: Forest Service, US Department of Agriculture, 1974. – 883 p.