

VI региональный конкурс проектных и исследовательских работ
школьников "Высший пилотаж - Пенза"

МБОУ СОШ №63 г. Пензы

Стратификация
как способ повышения всхожести семян редкого растения России
головчатки Литвинова (*Cephalaria litvinovii* Bobrov)

Работу выполнила:
Кидярова Светлана Вячеславовна
Ученица 10а класса
МБОУ СОШ №63 г. Пензы

Научный руководитель:
Алёшина Мария Вадимовна,
учитель биологии
МБОУ СОШ №63 г. Пензы

Пенза. 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	Стр. 3
ГЛАВА 1. СТРАТИФИКАЦИЯ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН (обзор литературы)	Стр. 4
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ 2.1. Головчатка Литвинова как объект исследования 2.2. Схема эксперимента	Стр. 6
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ (экспериментальная часть) 3.1. Влияние стратификации на начальные этапы онтогенеза головчатки Литвинова 3.2. Практические рекомендации	Стр. 12
ВЫВОДЫ	Стр. 14
ЛИТЕРАТУРА	Стр. 15
ПРИЛОЖЕНИЯ	Стр. 16

ВВЕДЕНИЕ

Перед биологами и экологами всего мира стоит задача **сохранения биологического разнообразия** нашей планеты, в том числе флористического. Одним из наиболее уязвимых видов растений, произрастающих на территории нашей области, включённых в Красную книгу Российской Федерации, является **головчатка Литвинова** *Chephalaria litvinovii* Bobrov (семейство жимолостные, ранее ворсянковые). Это эндемик, для которого в настоящее время подтверждено всего около 12 местообитаний на территории 4 субъектов РФ, в том числе 7 из них – в пределах Пензенской области. Потому ответственность пензенских исследователей перед российской наукой в отношении этого вида очень велика. Онтогенез вида в целом, и его начальные этапы, в частности, изучены слабо, что сдерживает разработку мер по охране вида.

Одним из механизмов сохранения генофонда этого редкого вида является **культивирование** на территории ботанических садов. Для более эффективного использования столь ценного семенного материала необходимы **практические рекомендации** по его проращиванию, которые в настоящее время отсутствуют.

Цель работы: изучить влияние низких положительных температур на начальные этапы онтогенеза головчатки Литвинова при выращивании в лабораторных условиях

Задачи:

1. По литературным данным изучить влияние низких положительных температур на рост и развитие растений на начальных этапах онтогенеза.
2. Освоить методы проращивания семян растений в лабораторных условиях, методы статистической обработки.
3. Определить влияние на всхожесть и энергию прорастания обработки семян головчатки Литвинова низкими положительными температурами.
4. Сравнить всхожесть и энергию прорастания семян головчатки Литвинова из разных локальных популяций Пензенской области.
5. Собрать семена головчатки Литвинова для включения в делектус Пензенского ботанического сада имени И.И.Спрыгина.
6. Разработать практические рекомендации для проращивания семян головчатки Литвинова в условиях культуры для сохранения генофонда *ex situ* (за пределами природных местообитаний, в культуре)

Актуальность исследования: слабая изученность начальных этапов онтогенеза редкого растения РФ эндемика головчатки Литвинова сдерживает разработку мер по его культивированию и охране.

Практическая значимость исследования: результаты работы содержат практические рекомендации по проращиванию семян головчатки Литвинова, что позволит успешнее осуществлять её введение в культуру с целью сохранения генофонда. Часть собранных семян передана сотрудникам Пензенского ботанического сада для включения в делектус.

Объект исследования: головчатка Литвинова – *Chephalaria litvinovii* Bobrov.

Предмет исследования: начальные этапы онтогенеза головчатки Литвинова в лабораторных условиях

Гипотеза: так как в природе семена головчатки Литвинова созревают относительно поздно (в сентябре), то для них характерен период глубокого покоя, не позволяющий большинству из них прорасти сразу после формирования. Для прерывания глубокого покоя семян может быть использован приём стратификации – обработка низкими положительными температурами.

ГЛАВА 1. СТРАТИФИКАЦИЯ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН (обзор литературы)

Стратификация (в ботанике) (от лат. *stratum* – настил, *facere* – делать) – процесс предпосевной обработки набухших семян низкими положительными температурами, агротехнический приём, направленный на преодоление глубокого физиологического покоя семян некоторых видов растений, имитирующих влияния природных зимних условий на семена растений [12]. Впервые термин «стратификация» используется в трактате английского писателя и общественного деятеля, одного из основателей Лондонского королевского общества по улучшению естественнонаучных знаний Джона Эвелина в 1664 году в его книге «Сильва, или «Рассуждения о лесных деревьях и воспроизводства древесины во владениях Его Величества». Тогда семена раскладывали (стратифицировали) между слоями влажной земли и оставляли на зиму на улице. Таким образом, при стратификации семена в основном древесных растений искусственно помещались во влажно-холодные условия между слоями земли или торфа для ускорения последующего прорастания весной.

Для многих видов растений, обитающих в условиях сезонного климата, отмечен период глубокого физиологического семенного покоя, когда при наличии всех внешних факторов, необходимых для прорастания (влага, тепло, аэрация, свет) проростки не появляются. Это является биологическим приспособлением, задерживающим преждевременное прорастание семян в естественных условиях. Особенно важно это для деревьев и кустарников, так как для успешной перезимовки их скелетных осей необходимо опробкование побегов. Это длительный процесс, который при прорастании в год формирования семян не успевает завершиться, что вызывает гибель проростков. Поэтому в процессе эволюции у большинства деревьев и кустарников умеренного пояса с сезонным климатом выживали древесные растения, семена которых прорастали весной, то есть не полностью созревшие семена с несформированным (часто) зародышем, заканчивающим за осенне–весенний период своё развитие. В природных условиях семена подвергаются воздействию низких положительных температур весной и осенью. Собранные человеком семена, хранящиеся сухими до посева при более высоких температурах, давали низкую всхожесть. Поэтому цель стратификации – повышение всхожести семян, за счёт преодоления глубокого покоя семян в искусственных условиях в более короткие сроки [10].

Необходимость стратификации осознали первыми именно лесоводы, и до сих пор объектами преобладающего числа научных исследований по стратификации являются древесные растения. По-прежнему актуальны такие вопросы предпосевной обработки семян, как её продолжительность и оптимальные температурные условия. Так например, в условиях Восточной Сибири изучали морфометрические показатели (число семядолей, их длину, число первичной хвои) сеянцев сосны сибирской кедровой, полученные при тёплой и холодной стратификации. Теплая стратификация достигалась выдерживанием шишек во влажных опилках при комнатной температуре воздуха (22–24 °С), а холодная – в холодильнике при температуре воздуха 1–4°С. В результате эксперимента учёные пришли к выводу, что наибольшие показатели у двухлетних сеянцев сосны сибирской по высоте и диаметру стволика наблюдались при холодной стратификации семян, однако тёплая стратификация также позволяет получить сеянцы сосны сибирской кедровой [10].

Актуальными являются исследования по подбору условий стратификации для кустарников, в том числе в сочетании со скарификацией (направленной на повреждение семенной кожуры). Так, дагестанские учёные на примере испанского дрока, или метельника

прутьевидного *Spartium junceum* (семейство Бобовые) показали, что обработка семян низкими положительными температурами в диапазоне 0–7°C в течение 3 и 6 суток повышает всхожесть с 20% в контроле до 80%. Обработка низкими отрицательными температурами на протяжении такого же периода повышает всхожесть до 40–60%. При этом обработка низкими температурами влияет на скорость прорастания. Если в контроле проростки появились на 10 сутки с момента посева, то при обработке в течение 3 суток низкими отрицательными температурами – на 2 дня раньше. При этом обработка низкими положительными температурами, наоборот, задерживала прорастание на 2–4 дня по сравнению с контролем. Также в ходе эксперимента было установлено влияние низких положительных и отрицательных температур на морфогенез проростков [2]. Подобные работы имеют большое прикладное значение, так как позволяют сформулировать рекомендации по предпосевной обработке семян растений, имеющих большое хозяйственное значение, но не исследованные ещё в этом направлении.

Очень значимы также и теоретические работы, которые помогают понять суть физиологических и анатомических процессов, которые происходят в семенах растений, подвергающихся разным видам стратификации. Так на примере тюльпана позднего было показано, что в условиях тёплой стратификации (22±1°C) зародыш достигает критической длины 3,2 мм за 20–25 дней, после чего его развитие останавливается. В условиях холодной стратификации (3±1°C) процесс формирования зародыша до таких размеров занимает 40–50 дней, после чего развитие продолжается, наблюдается гистологическая дифференциация – появление тканей (прокамбиального тяжа, начало появления корневого чехлика), а через 55–70 дней – эпидермы и коры гипокотыля, в то время как при теплой стратификации у зародыш состоит из одинаковых клеток и не приступает к их дифференциации [6].

Также актуальны работы по стратификации семян редких растений, занесённых в региональные Красные книги и Красную книгу России, так как они позволяют понять особенности начальных этапов онтогенеза этих видов и разработать механизмы охраны и культивирования. В связи с этим представляет интерес исследование редкого растения России и одновременно ценного лекарственного растения родиолы розовой, выполненное сотрудниками ботанического сада ВИЛАР (г.Москва) [11]. В эксперименте устанавливали влияние обработки низкими положительными температурами (0–2°C) в течение 21 суток на семена родиолы разного географического происхождения, разных сроков хранения. Установлено, что всхожесть свежесобранных семян в контроле составила 11–14%, при хранении семян в течение 3-х лет всхожесть падает до 4%. Стратификация повысила всхожесть свежесобранных семян до 78%, трёхлетних – до 42%. Кроме того, авторы произвели стратификацию этих же семян в естественных условиях – под снегом. Оказалось, что примерно те же значения всхожести (свежесобранные – 74–79%, трёхлетние – 57%) демонстрируют семена, находящиеся под снегом 60 дней. При увеличении этого периода до 75 дней всхожесть повышается до 88–93%, 66% соответственно. Сокращение срока пребывания под снегом до 45 дней снижает всхожесть до 22–26% и 13% соответственно. Таким образом, стратификация в лабораторных условиях семян родиолы розовой при температуре 0–2°C в течение 21 суток позволяет пройти этапы дозревания семени быстрее, чем в природных условиях [11].

Таким образом, изучение литературных источников по вопросу стратификации семян показало, что для головчатки Литвинова подобных работ не проводилось, а для редких растений это очень актуальная задача. Для многолетних трав лучше использовать температуру 0–2°C, а период воздействия подбирается индивидуально для каждого вида.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Головчатка Литвинова как объект исследования

Головчатка Литвинова (семейство Жимолостные) – каудексное многолетнее травянистое растение высотой до 220 см, эндемик восточной Европы. Стебли голые, бороздчатые, вверху коротко-волосистые. Листья лировидно-перисто-раздельные с крупной конечной долей, с обеих сторон покрыты волосками. Цветки собраны в шаровидные головчатые соцветия до 2 см в диаметре; наружные листочки обертки черноватые. Чашечки блюдцевидные, по краю щетинисто-остистые. Венчики серно-желтые, снаружи волосистые. Плоды – четырехгранные, волосистые, бороздчатые семечки длиной около 7 мм. Размножается семенами и ограниченно вегетативно. Цветет и плодоносит в июле – августе.

Вид Красной книги РФ, статус 2 [13]. Согласно утвержденному Перечню объектов растительного мира, занесённых в Красную книгу Российской Федерации (приказ № 320 от 23.05.2023), её статус не изменился по сравнению с состоянием на 2008 г. [13] – категория 2а – вид, сокращающийся в численности. Это эндемик Восточной Европы, встречающийся по уточнённым данным на территории 4-х областей: в Тамбовской, Белгородской, Воронежской и Пензенской. Местообитание в Луганской области отмечено по литературным данным, сохранность его в настоящее время не подтверждена.

В Тамбовской области 2 малочисленных местообитания в долине реки Савала (приток Хопра) – численность оценивается в несколько десятков (!) особей [14]. В Красной книге **Белгородской области** упомянут как исчезнувший вид [7], но обнаружено местообитание в 2007г. [5]. В Красной книге **Воронежской области** [1] числится со статусом 0 (по всей видимости, исчезнувший вид), так как встречался на территории Хопёрского заповедника и исчез, но по данным сайта INaturalist сохранилось одно местообитание (рис. 1).

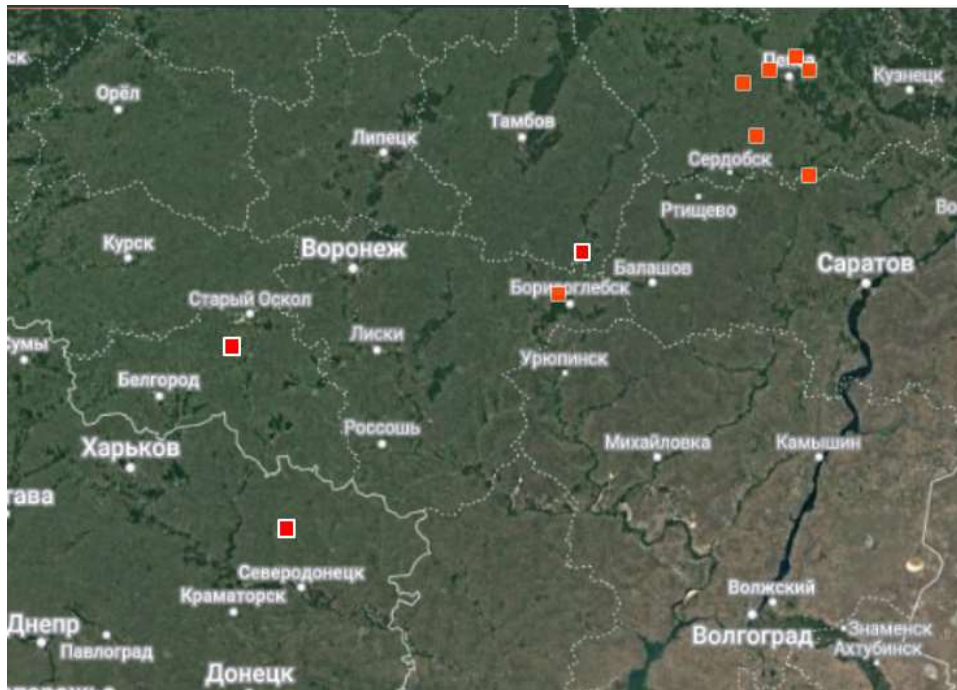


Рисунок 1. Местообитания головчатки Литвинова по данным сайтов INaturalist, Plantarium и литературным источникам

На территории Пензенской области известно 7 местообитаний головчатки Литвинова (рис.2). Самая ранняя находка принадлежит Д.И. Литвинову, обнаружившим популяцию в 1883г. (MW) близ с. Вшивки Петровского уезда Саратовской губернии (в настоящее время это окрестности с. Майское Малосердобинского района Пензенской обл.). В 2010 г. местообитание

подтверждено Т.И.Пчелинцевой и в 2017 г. Т.В.Горбушиной и Л.А. Новиковой на окраине с. Майское в пойме и террасе р. Чардым (местообитание №6 на рис.2).

Недалеко от этого местонахождения (в 6 км) в 1984 г. вид был обнаружен Т.И.Пчелинцевой и определен А.А. Соляновым) у с. Комаровка в Малосердобинском районе в пойме р.Бурчалки (левый приток р.Чардым, Волжский бассейн) (местообитание №7). В настоящее время – памятник природы «Комаровский резерват головчатки Литвинова»

Ещё одна популяция этого вида была обнаружена Л. А. Новиковой в 1994г. на восточной окраине с.Рамзай в Мокшанском районе в пойме р.Пензятки, Волжский бассейн (местообитание №1).

В 2006 г. была обнаружена популяция головчатки Литвинова энтомологом С.В.Шибяевым в 3 км к юго-востоку от ж/д ст. Скрыбино в Колышлейском р-не на водораздельном участке в бассейне р. Колышлей (Донской бассейн) (местообитание №5) [9].

Популяция близ с.Александровка (Бессоновский район) (местообитание №4) сформировано в результате посева семян, привезённых из Комаровского резервата Т.В.Горбушиной на своём дачном участке. В настоящее время дачный массив заброшен, о судьбе популяции ничего не известно, последнее наблюдение датируется 2009 г.

В 2022 г. активистами общества ПОЛЕ и платформы INaturalist было обнаружено сразу 2 новых местообитания: близ с. Вазерки (местообитание №3, Бессоновский район) Ириной Савенко и близ с. Черенцовка (Пензенский район, местообитание №2) Татьяной Иванкиной.

В Красной книге Пензенской области виду присвоена статус 1 – находящийся под угрозой исчезновения [8].

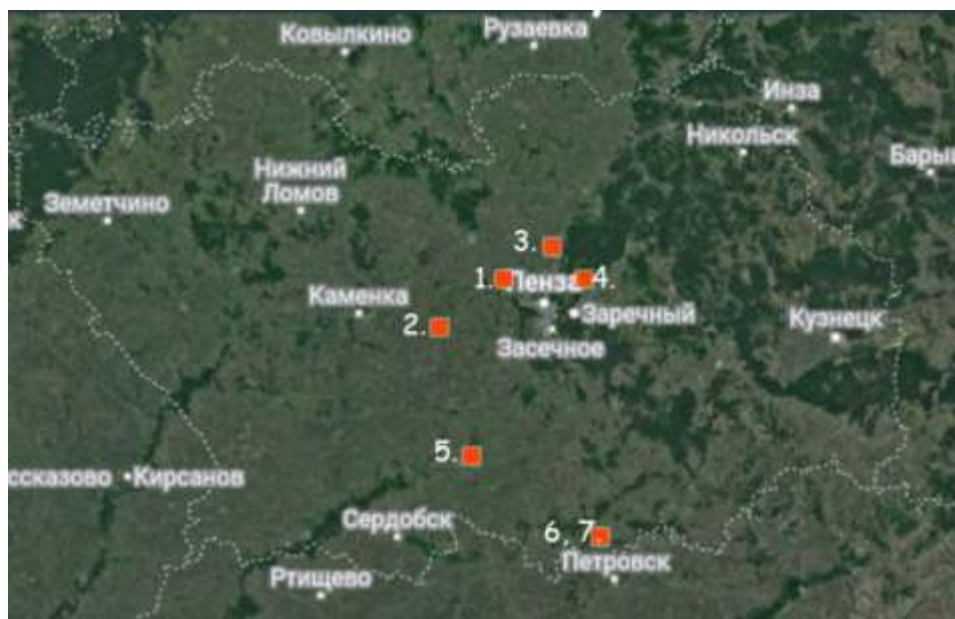


Рисунок 2. Местообитания головчатки Литвинова в Пензенской области по данным сайта INaturalist

Вид культивируется в ботанических садах Москвы (ВИЛАР, аптекарский огород, ГБС РАН), Екатеринбурга (Ботанический сад УрО РАН), Новосибирска (Дендрологический сад зональной плодово-ягодной опытной станции), Читы (Забайкальский ботанический сад филиала Сибирского ботанического сада СО РАН), Сибирском ботаническом саду Томского ГУ, Донецком ботаническом саду. В Ботаническом саду Воронежского ГУ даёт самосев [1].

Культивируется более 10 лет в Пензенском ботаническом саду имени И.И. Спрыгина – представлено единственным генеративным экземпляром; цветёт, плодоносит, самосева не образует.

Экологическая и фитоценотическая приуроченность. Описывающий в конце 18 века головчатку Литвинова П.С. Паллас отмечал, что вид обычен по реке Савале и её притокам (Тамбовская область). В Луганской области вид отмечен по реке Красной (приток Северского Донца). В Пензенской области часть местообитаний (Черенцовка, Рамзай, местообитания Малосердобинского района) тоже приурочены к малым рекам, другие (Скрябино) – расположены на водоразделе. В Хопёрском заповеднике вид встречался на опушке дубравы. В Воронежской области – на опушках, среди кустарников, в разреженных лиственных лесах. В Белгородской области – на опушке овражного леса. По мнению Скворцова [13], местообитания головчатки Литвинова – остепнённые склоны балок и оврагов. Произрастает на влажных лугах среди кустарников, по опушкам пойменных лесов. Теневыносливый мезофит. Таким образом, в экологических предпочтениях этого вида нет полной ясности. По мнению Л.А. Новиковой, это мезофит, который вынуждено уходит из более благоприятных для себя местообитаний к поймам рек из-за антропогенного пресса – выпаса [8, 9].

2.2. Схема эксперимента

Исследования проводились в лабораторных условиях МБОУ СОШ №63 г. Пензы с 17 ноября по 29 декабря 2023 года. Семянки головчатки Литвинова проращивали в контейнерах объемом около 1400 мл, заполненных промытым и прокалённым речным песком, увлажнённым до 60% от полной влагоемкости [4].

Определение влагоемкости песка (ГОСТ 12038-84) [4].

Влагоемкость подготовленного песка (прокаленного и просеянного) определили с помощью стакана с сетчатым дном. Из разных мест емкости с песком отобрали точечные пробы, из которых составили среднюю пробу массой около 1 кг. Пустой стакан взвесили. Затем стакан наполнили на $\frac{3}{4}$ песком, взятым из средней пробы, и снова взвесили. Стакан поставили в сосуд с водой так, чтобы вода была на уровне песка. Когда вода смочила поверхность песка, стакан вынули из сосуда, дали стечь лишней воде, промочили его снизу и с боков фильтровальной бумагой и взвесили.

Влагоемкость (А) вычисляют в миллилитрах на 100 г песка по формуле

$$A = \frac{100(m_2 - m_1)}{m_1 - m}$$

где m – масса стакана, г;

m_1 – масса стакана с сухим песком, г;

m_2 – масса стакана с увлажненным песком, г.

$m=2.1$ г

$m_1=82.3$

$m_2=100.8$

100% влагоемкость на 100 г песка = 23 см³

Значит, чтобы увлажнить песок на 60% понадобится $23 \times 60 / 100 = 13.8$ см³ воды.

Мы засыпали по 180 г песка в каждый контейнер. Для увлажнения такой массы песка на 60% понадобится $180 \times 13.8 / 100 = 24.84$ г воды (ПРИЛОЖЕНИЕ 1).

Для исследования популяций в августе 2023 года мы отправились в три местообитания головчатки Литвинова в Пензенской области (согласно сайту INaturalist.org): окрестности с.Александровка и с.Вазерки (Бессоновский район), «Рамзайский резерват головчатки Литвинова» (Мокшанский район). Первое местообитание обнаружить не удалось, не смотря на тщательные поиски, поэтому посевной материал собирали в двух местообитаниях (ПРИЛОЖЕНИЕ 2, 3).

Посевной материал был собран в 2-х локальных популяциях головчатки Литвинова: на территории памятника природы «Рамзайский резерват головчатки Литвинова» (Мокшанский район) 27.08.2023 г. и в окрестностях с. Вазерки 27.08.2023 г. (рис. 3).

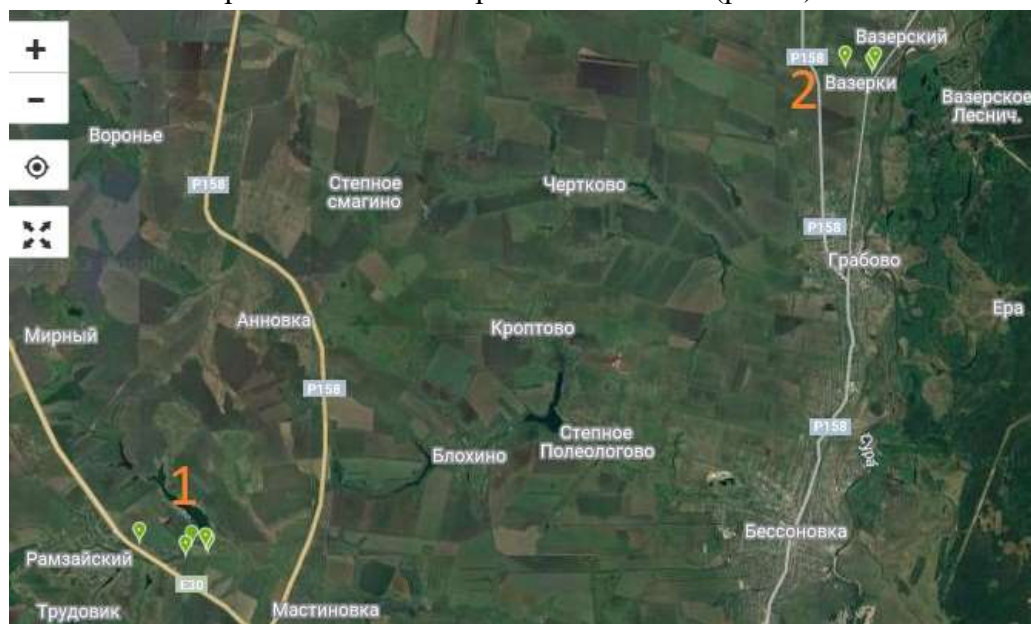


Рисунок 3. Местоположение локальных популяций головчатки Литвинова на территории памятника природы «Рамзайский резерват головчатки Литвинова» (Мокшанский район) (1) и в окрестностях с. Вазерки (Бессоновский район) (2).

Характеристика локальной популяции на территории памятника природы «Рамзайский резерват головчатки Литвинова».

Данное местообитание было впервые обнаружено в 1999 г. Л.А.Новиковой [9]. Основная часть локальной популяции в настоящее время распространилась за пределы резервата, с противоположной стороны от моста, по правому (в основном) берегу р.Пензятка. Практически одновидовые заросли головчатки тянутся полосой шириной в 10 м на протяжении около 1 км вниз по течению. Отдельные куртины удалены от русла реки на 20 – 50 м. (ПРИЛОЖЕНИЕ 3)

По бровке и в непосредственной близости от русла головчатка Литвинова образует настоящие луга, в которых доминирует (с проективным покрытием 30–80 %), как содоминанты выступают *Carex hirta*, *Bromopsis inermis*, *Rubus caesius*, *Bromopsis riparia*, *Equisetum pratense*, *Equisetum arvense*, *Urtica dioica*, *Dactylis glomerata*, *Geranium pratense* [9].

Характеристика локальной популяции близ с. Вазерки.

Популяция головчатки распространена на полузаброшенной территории бывшего усадебного комплекса Шаховских. Растения встречаются на открытой поляне, вокруг которой расположились кустарники и деревья. В 200 м юго-западнее протекает река Пачелка (Печалка). Заросли генеративных особей головчатки Литвинова локализованы по периметру поляны. В центре, вероятно, растения скашивались, так как мы обнаружили в основном растения

прегенеративного и постгенеративного возрастных периодов, а также единичную угнетённую генеративную особь (ПРИЛОЖЕНИЕ 2).

Так как головчатка Литвинова – редкое растение, занесённое в Красную книгу России, и в отношении таких видов действуют особые правила, зафиксированные законодательством [15], мы проконсультировались на кафедре Общей биологии и биохимии Педагогического института имени В.Г. Белинского Пензенского государственного университета о возможности изъятия посевного материала из природных популяций без вреда для них. Были сделаны следующие измерения и расчёты (на примере локальной популяции памятника природы «Рамзайский резерват головчатки Литвинова»).

Число семян в головке (измерено 100 соцветий у зрелых генеративных и старых генеративных особей) варьирует от 60 до 120, в среднем около 80.

Число головок на 1 побеге изменяется от 5 до 33, в среднем 11, таким образом, на одном генеративном побеге в среднем формируется около 880 семян.

Число генеративных побегов у одной зрелой генеративной особи варьирует от 5 до 35, в среднем 7. Таким образом, число семян у g2-растения составляет $880 \cdot 7 = 6160$ штук.

Число генеративных растений на 10 м^2 варьирует от 2 до 17 (в среднем 10,2). Рамзайская локальная популяция протянулась на 1000 м по правому берегу реки Пензятка полосой шириной около 10 м. Таким образом, площадь популяции составляет примерно 10000 м^2 . Следовательно, образуется в среднем $10000 \cdot 10,2 \cdot 6160 / 10 = 62832000$ шт. семян. Мы взяли для своих исследований из данной локальной популяции 450 семян, что составляет 0,0007% ежегодно образуемых в популяции семян, и не может оказать существенного негативного влияния на ее воспроизведение. Аналогичные расчёты были проделаны и по популяции в с. Вазерки.

Эксперимент заложили 17 ноября 2023 г. Эксперимент проводили в 6-х вариантах и в 3-х биологических повторностях (по 50 семян в каждой). Семянки перед посевом замачивали на 6 часов в дистиллированной воде. (ПРИЛОЖЕНИЕ 4)

Варианты эксперимента:

1. Вазерки 1 (контроль) – сеянки, собранные в локальной популяции близ с. Вазерки, проращивали без стратификации при комнатной температуре и естественном освещении.

2. Рамзай 1 (контроль) – сеянки, собранные в локальной популяции близ памятника природы «Рамзайский резерват головчатки Литвинова», проращивали без стратификации в тех же условиях.

3. Вазерки 2 (стратификация 2 недели) – сеянки, собранные близ с. Вазерки стратифицировали: выдерживали в холодильнике при температуре 2°C 2 недели (с 17.11.2023 по 1.12.2023), потом проращивали в тех же контейнерах в тех же условиях, как и в контрольном варианте.

4. Рамзай 2 (стратификация 2 недели) – сеянки, собранные близ памятника природы «Рамзайский резерват головчатки Литвинова» стратифицировали: выдерживали в холодильнике при температуре 2°C 2 недели (с 17.11.2023 по 1.12.2023), потом проращивали в тех же контейнерах в тех же условиях, как и в контрольном варианте.

5. Вазерки 3 (стратификация 4 недели) – сеянки, собранные близ с. Вазерки стратифицировали: выдерживали в холодильнике при температуре 2°C 4 недели (с 17.11.2023 по 15.12.2023), потом проращивали в тех же контейнерах в тех же условиях, как и в контрольном варианте.

6. Рамзай 3 (стратификация 4 недели) – сеянки, собранные близ памятника природы «Рамзайский резерват головчатки Литвинова» стратифицировали: выдерживали в холодильнике

при температуре 2°C 4 недели (с 17.11.2023 по 15.12.2023), потом проращивали в тех же контейнерах в тех же условиях, как и в контрольном варианте (ПРИЛОЖЕНИЕ 5).

Энергию прорастания в контроле отмечали на 12 сутки с момента высева семян, в опытных вариантах – на 7 сутки с момента прекращения стратификации. Всхожесть – на 14 сутки для всех вариантов. За проростками наблюдали и далее, до 21 дня с момента посева (для опытных вариантов – со дня окончания воздействия низких положительных температур (перенос из холодильника в комнату). Эти данные в работе не приводятся, так как наблюдалось угнетение проростков из-за недостатка освещения.

Результаты измерений статистически обработаны. **Статистическая обработка** результатов опытов заключалась в определении среднего арифметического (медиан) и ошибки репрезентативности.

Для расчётов использовали следующие формулы:

$$M = \frac{\sum a}{n} ; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (a - M)^2}{n}} ; \quad m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} .$$

где M – среднее арифметическое; a – отдельное измерение; $\sum a$ – сумма отдельных измерений; n – число измерений; σ – среднее квадратичное отклонение; m – ошибка среднего.

Достоверность различий между медиями оценивалась по критерию Стьюдента при 5%-ном уровне существенности.

Математическую обработку выполняли с применением программы Microsoft Excel.

ГЛАВА 3. Результаты и обсуждение (экспериментальная часть)

3.1. Влияние стратификации на начальные этапы онтогенез головчатки Литвинова.

В результате эксперимента установлено, что для головчатки Литвинова характерно надземное прорастание. Первым трогается в рост зародышевый корешок, а затем гипокотиль (подсемядольное колено), который выносит на дневную поверхность 2 семядоли, которые обеспечивают питание проростка до образования первых настоящих листьев.

Без действия низких положительных температур (контроль) прорастание семян (семянков) головчатки произошло 26 ноября, то есть спустя 10 суток со дня посева.

Воздействие низкими положительными температурами оказало стимулирующее действие на процесс прорастания семян головчатки Литвинова, собранных из разных популяций. Энергия прорастания семян вазерской популяции после 2-х недельной обработки низкими положительными температурами возросла в 2,4 раза (с 12,7% до 30,7%), а после 4-х недельной обработки – в 3,6 раза (до 46,7%). Всхожесть также возросла в 2,9 раза (с 14,0% до 40,0%) и в 3,4 раза (до 47,8%) соответственно (табл. 1).

При воздействии низких положительных температур в течение 4 недель наблюдалось прорастание семян вазерской популяции головчатки Литвинова уже в холодильнике.

Аналогичные влияния низких положительных температур наблюдаются и на процессы прорастания семян головчатки Литвинова, собранных в рамзайской популяции: энергия прорастания возросла с 0,7% (контроль) до примерно 13% после стратификации, всхожесть – с 1,3 до 16%. (ПРИЛОЖЕНИЯ 5,6)

Выявленные закономерности связаны с особенностями сезонного развития вида. Головчатка Литвинова – позднецветущее растение: цветёт во второй половине июля, семена созревают в сентябре. Поэтому осеннее прорастание семян, скорее всего, не позволит проросткам подготовиться в полной мере к неблагоприятному зимнему периоду. В связи с этим весеннее прорастание семян более желательно, так как повышает шансы приживаемости проростков в природных условиях. Поэтому эволюционно и был закреплён такой биохимический механизм, при котором необходимые для ростовых процессов вещества синтезируются в семени только после воздействия низких положительных температур.

Таблица 1.

Энергия прорастания (на 7 сутки для опытных вариантов и на 12 сутки для контроля) и всхожесть (на 14 сутки для всех вариантов) семян головчатки Литвинова

Варианты	Вазерки		Рамзай	
	Энергия прорастания	Всхожесть	Энергия прорастания	Всхожесть
Контроль (без стратификации)	12,7±1,3	14,0±2,0	0,7±0,7	1,3±1,3
Стратификация 2 недели	30,7±5,7	40,0±6,1	13,3±1,2	16,0±3,1
Стратификация 4 недели	46,7±3,5	47,8±2,8	12,7±6,8	14,5±5,1

Обращают на себя внимание существенные различия во всхожести семян из разных популяций. Всхожесть семян рамзайской популяции в контроле на порядок ниже, чем

соответствующий показатель семян вазерской популяции. После обработки низкими положительными температурами различия становятся меньше, но тем не менее остаются очень существенными (в 2,5 раза). Этот факт требует дальнейшего исследования: необходимо повторить эксперимент в следующем году, а также расширить эксперимент, включив в него семена из остальных 5 пензенских популяций головчатки Литвинова. Также представляется интересным исследовать всхожесть семян растений, выросших в культуре – в условиях Пензенского ботанического сада.

Часть семян, собранных нами в природных популяциях головчатки Литвинова, передана нами в Пензенский ботанический сад для включения в делектус – список видов, семена которых предлагаются для обмена с другими ботаническими садами России и мира. Семена, собранные для обмена из природных популяций, особенно ценны, так как они сформировались в результате естественных процессов, без возможного переопыления с близкими видами в условиях культуры, как это происходит на территориях ботанических садов. В свою очередь, выращивание головчатки Литвинова на территории других ботанических садов позволит внести свой вклад в дело сохранения генофонда этого редкого вида. Полученные нами данные позволили разработать практические рекомендации для сотрудников этих организаций, чтобы оптимизировать процесс интродукции этого редкого вида.

3.2. Практические рекомендации.

Для свежесобранных семян головчатки Литвинова характерен период глубокого покоя, когда при наличии благоприятных условий для прорастания большинство семян не трогаются в рост без предварительной обработки низкими положительными температурами. В связи с этим для успешного проращивания семян мы рекомендуем осенний посев семян в грунт в первую – третью декаду сентября. Если осенний посев семян не удалось произвести, то для подготовки к весеннему севу рекомендуется выдержать набухшие семена в отмытом прокалённом увлажнённом до 60% от полной влагоемкости речном песке при температуре 2°C 2 недели, после чего посеять в грунт. Более продолжительное воздействие низких температур не рекомендуется, так как приведёт к появлению проростков в лабораторных условиях, и при пересадке их корневые системы могут повреждаться, что снизит приживаемость.

ВЫВОДЫ

1. По литературным источникам выявлено, что для многих видов растений сезонного климата характерен глубокий покой, который может быть прерван обработкой влажных семян низкими положительными температурами. Этот агротехнический приём стратификации семян широко используется для повышения их всхожести.

2. Освоены методы проращивания семян растений в лабораторных условиях, методы статистической обработки.

3. Установлено, что энергия прорастания и всхожесть семян головчатки Литвинова из местообитания близ с.Рамзай без стратификации на порядок, а после обработки низкими положительными температурами – в 2,5 раза меньше, чем аналогичные показатели у семян, собранных в с. Вазерки. Это может быть связано с различиями в экологических условиях, требуются дальнейшие исследования.

4. Собранные в «Рамзайском резервате головчатки Литвинова» семена переданы сотрудникам Пензенского ботанического сада имени И.И. Спрыгина для размещения в делектусе.

5. Разработаны практические рекомендации для проращивания семян головчатки Литвинова в условиях культуры, которые вместе с семенами будут распространяться в другие ботанические сады России, что позволит оптимизировать начальные этапы интродукции этого редкого растения.

Таким образом, наша гипотеза подтвердилась. Выявлено, что низкие положительные температуры (2°C), воздействуя на влажные семена головчатки Литвинова в течение 2 – 4 недель, способствуют прерыванию глубокого покоя семян и увеличивают всхожесть по сравнению с контролем в 2,5 – 3,5 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонова В.А., Гусев А.В. Головчатка Литвинова // Красная книга Воронежской области. Воронеж Т.1. Растения. Лишайники. Грибы. Воронеж: МОДЭК, 2011. С 113–114.
2. Адамова Р.М., Алиев М.Г. Влияние стратификации на прорастание семян и морфогенез проростков метельника //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 67. С. 265–268.
3. Бобров Е.Г. Род Головчатка // Флора СССР. т. 24. М.-Л.: АН СССР, 1957. С. 25–31.
4. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Москва: Стандартинформ. 2011. С. 36–39
5. Гусев А.В. Список видов сосудистых растений Белгородской области, переданных в Гербарий им. Д.П. Сырейщикова МГУ (MW) // Научные ведомости Бел ГУ. Серия Естественные науки. 2013. №24 (167) Вып. 5. С.15–23.
6. Котева Н.К., Кравкина И.М. Структурные изменения в клетках зародышевого корешка семени *Tulipa tarda* (Liliaceae) в процессе доразвития и прорастания при холодной и теплой стратификации // Ботанический журнал. 2013. Т. 98. №3. С. 306.
7. Красная книга Белгородской области. Редкие и исчезающие растения, грибы, лишайники и животные. Белгород, 2005. С. 51.
8. Новикова Л.А. Головчатка Литвинова // Красная книга Пензенской области. Том 1. Грибы, лишайники, мхи, сосудистые растения. Пенза: ОАО ИПК «Пензенская правда». С. 136.
9. Новикова Л.А., Васюков В.М., Горбушина Т.В., Пчелинцева Т.И. Фитоценотическое значение *Cephalaria litvinovii* Vobg. в растительности Пензенской области // Экология и география растений и растительных сообществ. Материалы IV Международной научной конференции (Екатеринбург, 16–19 апреля 2018 г.). Екатеринбург: Гуманитарный университет, 2018. С. 619–624.
10. Попова С.В. Изменчивость сеянцев сосны кедровой сибирской назаровского и мининского происхождения при разных условиях стратификации семян // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3 (86). С. 116–124.
11. Савченко О.М. Влияние стратификации на энергию прорастания и всхожесть семян родиолы розовой // Сборник трудов Четвёртой научно-практической с международным участием конференции аспирантов и молодых учёных «Молодые учёные и фармация XXI века». Москва: Издательство Всероссийского научно-исследовательского института лекарственных и ароматических растений, 2016. С. 109–112
12. Сельскохозяйственный энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1989. 640 с.
13. Скворцов А.К. Головчатка Литвинова // Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. С. 198–199.
14. Соколов А.С., Соколова Л.А. Головчатка Литвинова // Красная книга Тамбовской области. Тамбов Т.1. Мхи, сосудистые растения, грибы, лишайники. Воронеж: МОДЭК, 2019. С 113–114.
15. Федеральный закон от 14.04.2023 г. № 113-ФЗ «О внесении изменений в Уголовный кодекс Российской Федерации и статьи 150 и 151 Уголовно-процессуального кодекса Российской Федерации».

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1
Расчет влагоемкости пескаПриложение 2
Популяция головчатки Литвинова близ с. Вазерки



Приложение 3
Рамзайский резерват головчатки Литвинова





Таблица 2. Число проростков головчатки Литвинова

Варианты	28.11.23	01.12.23	08.01.23	15.12.23	22.12.23
Контроль (без стратификации)					
Вазерки 1а	7	8	9	10	11
Вазерки 1б	7	8	9	8	7
Вазерки 1в	5	5	4	4	4
Стратификация 2 недели					
Вазерки 2а		0	21	26	29
Вазерки 2б		0	13	18	16
Вазерки 2в		0	12	16	17
Стратификация 4 недели					
Вазерки 3а				2	20
Вазерки 3б				1	24

Вазерки 3в				5	26
Контроль (без стратификации)					
Рамзай 1а	0	0	1	1	1
Рамзай 1б	1	2	1	1	1
Рамзай 1в	0	0	0	0	0
Стратификация 2 недели					
Рамзай 2а		0	6	6	5
Рамзай 2б		0	7	7	8
Рамзай 2в		0	7	11	13
Стратификация 4 недели					
Рамзай 3а				0	2
Рамзай 3б				0	4
Рамзай 3в				0	13

Приложение 6

Головчатка Литвинова (рамзайская) в завершающий день эксперимента.



Головчатка Литвинова (вазерская) в завершающий день эксперимента.



РЕЦЕНЗИЯ

на работу ученицы 10а класса МБОУ СОШ №63 г. Пензы

Кидяровой Светланы Вячеславовны

«Стратификация как способ повышения всхожести семян редкого растения России головчатки Литвинова (*Chephalaria litvinovii* Bobrov)»

Работа содержит результаты научно-исследовательской работы, выполненной ученицей 10а класса **Кидяровой Светланой Вячеславовной**, выполненной под моим руководством (учитель биологии **Алёшина Мария Вадимовна**).

Работа уникальна тем, что в качестве объекта исследования было выбрано **редкое растение России** головчатка Литвинова. Этот вид является эндемиком, встречается на территории только 4 субъектов нашей страны, и в Пензенской области обнаружено в настоящее время наибольшее число местообитаний, причём с высокой численностью особей. Это одно из **наименее изученных** растений Красной книги РФ, обитающих на территории Пензенской области, поэтому его исследование в рамках данной работы вносит значимый вклад в науку.

Одним из наименее изученных аспектов биологии этого вида является вопрос об особенностях начальных этапов онтогенеза – факторах, влияющих на прорастание семян, поэтому в этом направлении и сосредоточены направления исследования.

Структура работы не вызывает нареканий. Во введении обсуждается актуальность и практическая значимость темы исследования. Цель и задачи сформулированы корректно.

Обзор научной литературы посвящён вопросам стратификации семян как агротехническому приёму. Хочется отметить как достоинство литературного обзора включение в него современных научных статей, опубликованных в течение последних 10 лет.

В главе о методах исследования описана схема эксперимента. Эксперимент организован и осуществлён по всем правилам, позволяющим провести статистическую обработку и сделать обоснованные выводы: в 6 вариантах и 3 биологических повторностях. Очень важно, что при организации эксперимента (при взятии семенного материала из природных популяций) рассчитано число семян, которое можно извлечь из популяции без нарушения механизмов самоподдержания численности.

Результаты, полученные в ходе работы, очень интересные. Было установлено, что для семян головчатки характерен период глубокого покоя, который в случае весеннего посева может привести к низкой всхожести. В качестве способа его преодоления предлагается и экспериментально доказывается возможность повышения всхожести семян при помощи предпосевной обработки низкими положительными температурами. В соответствии с этим были разработаны практические рекомендации, которые, несомненно, способствуют более успешной интродукции этого редкого вида на территории ботанических садов семенным способом. Ценно, что часть семенного материала была передана в Пензенский ботанический сад имени И.И. Спрыгина для включения в делектус.

Важной выявленной особенностью, обнаруженной в ходе эксперимента, являются различия во всхожести семян из разных популяций – вазерской и рамзайской. Этот вопрос требует дальнейшего изучения и осмысления. Хочется отметить, что данное направление работы чрезвычайно перспективно. В качестве пожелания можно предложить оценить всхожесть семян других популяций головчатки, а также всхожесть семян, полученных с растений в культуре – на территории Пензенского ботанического сада. Кроме лабораторных экспериментов можно перенести исследования в природу – исследовать популяционные аспекты вида.

В результате эксперимента сформулировано ряд выводов, которые отличаются непротиворечивостью и логичностью, следуют из фактических данных, полученных в ходе работы.

Таким образом, работа представляет собой ценное как в научном, так и практическом аспекте исследование. Его результаты будут использованы сотрудниками ботанического сада, биологами при ведении Красной книги Пензенской области. Работа представляет несомненный интерес как для специалистов в сфере экологии, природоохранного дела, заслуживает внимательного прочтения и высокой оценки.

Учитель биологии Алёшина М.В.

