

МУНИЦИПАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
МНОГОПРОФИЛЬНАЯ ГИМНАЗИЯ № 13 Г. ПЕНЗЫ

**II РЕГИОНАЛЬНЫЙ ФЕСТИВАЛЬ  
ТВОРЧЕСКИХ ОТКРЫТИЙ И ИНИЦИАТИВ  
«ЛЕОНАРДО»**

**Секция «Биологическая»**

**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА  
«КРАСНАЯ КНИГА РОССИИ. РЯБЧИК РУССКИЙ»**

Автор: Солдатов Иван Сергеевич  
4 в класс

Руководитель: Куроедова Наталья Евгеньевна,  
учитель начальных классов  
высшей квалификационной категории

Пенза  
2022

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1.ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ РЯБЧИКА РУССКОГО.....	5
1.1 Ботаническое описание растения.....	5
1.2. Распространение и экология .....	6
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	8
ГЛАВА 3. ОСОБЕННОСТИ ПРОРАЩИВАНИЯ СЕМЯН РЯБЧИКА РУССКОГО .....	10
ГЛАВА 4. КУЛЬТИВИРОВАНИЕ РЯБЧИКА РУССКОГО В УСЛОВИЯХ IN VITRO.....	12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	14
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	16
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	17
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	19
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	21
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....	22
ПРИЛОЖЕНИЕ 5.....	23

## ВВЕДЕНИЕ

*«Преодоление трудного начинается с легкого,  
осуществление великого начинается с  
малого,  
ибо в мире трудное образуется из легкого, а великое –  
из малого».*  
*Лао-цзы*

**Актуальность темы.** Мой любимый школьный предмет – окружающий мир. Я люблю изучать животный и растительный мир нашей родины, вести наблюдения, узнавать новое.

На уроках окружающего мира особое внимание уделяется проблемам экологии. В настоящее время одной из наиболее острых экологических проблем является стремительное сокращение ареалов распространения и полное исчезновение многих редких видов растений. Это во многом происходит за счет деятельности человека: вырубка лесов, чрезмерный выпас скота, распашка степей и лугов, сбор растений для продажи. За последние 500 лет, как подсчитали специалисты Международного союза охраны природы и природных ресурсов (МСОП), навсегда исчезло 844 вида флоры [1]. В Красную книгу РФ занесено 514 видов сосудистых растений [2], в Красную книгу Пензенской области – 200 видов [3].

В связи с этим все большую актуальность приобретает необходимость разработки методов сохранения и поддержания биологического разнообразия. Особенно интересным и перспективным направлением является использование современных методов биотехнологии в решении данной проблемы. Технология *in vitro* позволяет получить здоровый посадочный материал, сохранить генетические ресурсы культурных и дикорастущих видов растений.

Во время посещения Пензенского ботанического сада им. И.И. Спрыгина, я обратил внимание на необычное растение – рябчик русский. Работники ботанического сада рассказали, что это редкое растение занесено в Красную книгу РФ и Красную книгу Пензенской области.

Оказывается, вырастить данное растение очень непросто. Мне захотелось узнать, в чем сложность разведения этого растения и могу ли я вырастить его.

В качестве объекта исследования было выбрано растение, имеющее статус редкого (3 б) в РФ и Пензенской области – рябчик русский (*Fritillaria ruthenica* Wikstr.). Изучение биологии размножения редких видов растений без сомнения является актуальной задачей.

**Гипотеза:** изучение способов преодоления покоя семян растений рябчика русского и возможности его культивирования в условиях *in vitro* позволит внести вклад в сохранение биоразнообразия нашей страны.

**Цель проекта:** изучить особенности биологии и экологии рябчика русского, а также возможности культивирования данного растения в условиях *in vitro*.

**Задачи:**

- 1) изучить научную литературу по теме исследования;
- 2) познакомиться с распространением, особенностями биологии и экологии рябчика русского;
- 3) исследовать покой семян рябчика и способы его преодоления;
- 4) освоить метод культивирования растений в условиях *in vitro*;
- 5) рассмотреть возможность выращивания растений рябчика в условиях *in vitro*;
- 6) дать рекомендации по особенностям культивирования растений рябчика русского в искусственных условиях.

**Практическая значимость:** изучение особенностей биологии редких растений, а также разработка эффективных способов их размножения и культивирования позволит сохранить биоразнообразие нашей страны.

# ГЛАВА 1. ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ РЯБЧИКА РУССКОГО (*Fritillaria ruthenica* Wikstr.)

## 1.1 Ботаническое описание растения

Рябчик русский (лат. *Fritillaria ruthenica* Wikstr.) – это многолетнее травянистое растение. Оно относится к семейству лилейных (*Liliaceae*).



Рисунок 1. Рябчик русский (*Fritillaria ruthenica* Wikstr.):

А – верхушки побегов с соцветиями (Скотникова М.);

Б – луковицы (Курбасова С.); В – незрелый плод (Шовкун М.) [4]

Тонкий гладкий стебель может достигать высоты 20-50 см. Листья очередные, линейные: нижние шириной 3-5 мм и длиной 6-9 см, верхние – нитевидные, со спирально закрученными концами.

Под землей есть луковица, состоящая из 2 чешуй.

Цветки или одиночные, или собраны по 2-4 в рыхлые кистевидные соцветия. Околоцветник простой венчиковидный. Состоит из 6 свободных

лепестков. Околоцветник снаружи коричневато-красный, с неясным шахматным рисунком, изнутри желтоватый. Пестик с тремя рыльцами, длиннее тычинок. Тычинок 6.

Плод – шестигранная коробочка. Период цветения приходится на апрель – начало мая. Созревание семян происходит в начале июля [4].

## 1.2 Распространение и экология

На территории России рябчик русский встречается в лесостепных регионах Европейской части, Предкавказье и Западной Сибири.

В Пензенской области отмечен в Белинском, Городищенском, Кольшлейском, Малосердобинском, Неверкинском, Никольском, Пачелмском, Пензенском, Сердобском, Тамалинском, Шемышейском районах [3].

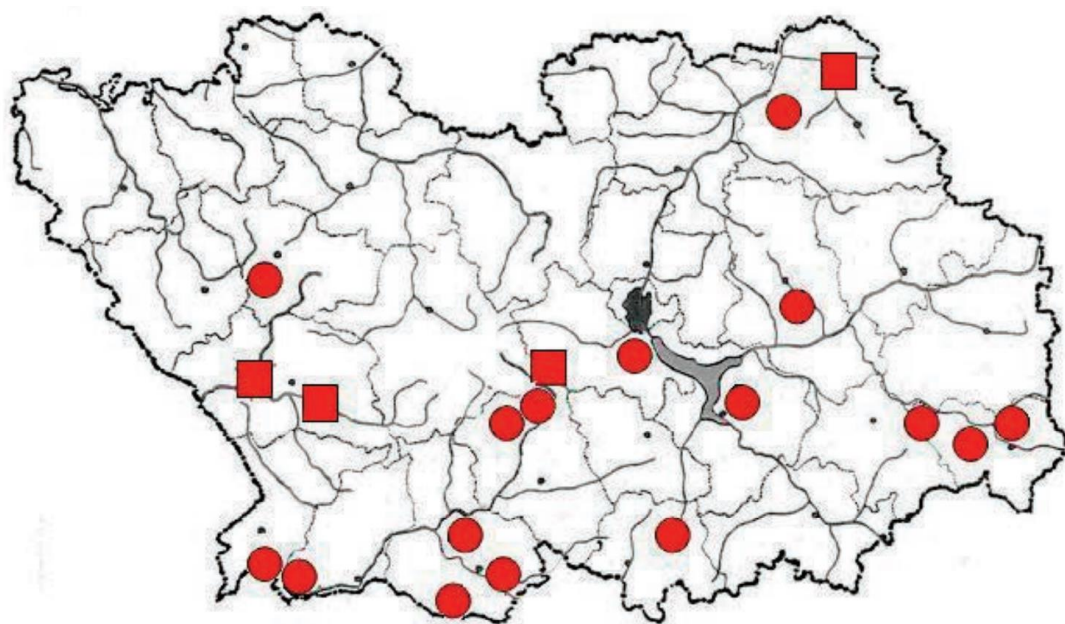


Рисунок 2. Распространение рябчика русского в Пензенской области:

● – находки, сделанные в последние 20 лет;

■ – находки, зафиксированные в литературе и гербариях [3]

Предпочитает луга, заросли кустарников и разреженные леса. Не выдерживает чрезмерного затенения и задернения почвы. Рябчик произрастает

на каменистых местах, вдоль рек. Предпочитает легкие по механическому составу почвы с близким залеганием карбонатов. Рябчик требователен к плодородию почвы.

Это весенний эфемероид. Растение цветет в конце апреля – мае. Затем наземная часть отмирает, остается лишь подземная в виде луковиц. Побеги появляются рано весной. Геофит – растение, у которого почки возобновления в неблагоприятный для роста и вегетации период находятся в почве.

Ксеромезофит. Предпочитает достаточно увлажненные места обитания. Временно может переносить недостаток увлажнения. Поэтому хорошими местами обитания являются остепненные луга, луговые степи и лесные опушки. В основном использует атмосферную влагу.

Рябчик может размножаться семенами и вегетативно – с помощью дочерних луковиц. Семена сохраняют всхожесть в почве более двух лет, однако часто повреждаются насекомыми-фитофагами, что отрицательно сказывается на семенном размножении.

Вид включен в Красную книгу РФ и Красную книгу Пензенской области со статусом 3 (редкие растения). Охраняется в заповеднике «Приволжская лесостепь» на участках «Кунчеровская лесостепь», «Попереченская степь», «Островцовская лесостепь» и памятниках природы: «Присердобинская дубрава», «Урочище Лысая гора», «Урочище Шуро-Сиран» [3].

## ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования – растения из отдела Цветковые (Магнолиофиты, Покрытосеменные) – отдел *Magnoliophyta*. Класс Лилиопсиды (Лилиевые, Однодольные) – класс *Liliopsida*. Порядок Лилиецветные – порядок *Liliales*. Семейство Лилейные – семейство *Liliaceae*. Род Рябчик – род *Fritillaria*. Вид Рябчик русский – вид *Fritillaria ruthenica* Wikstr.

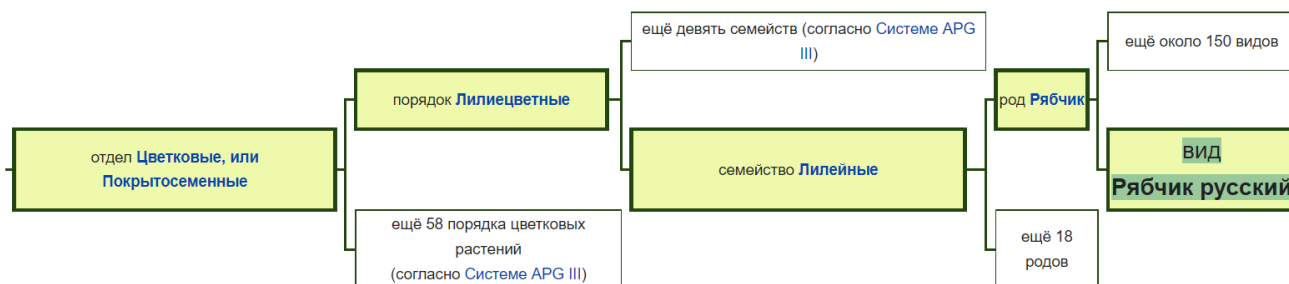


Рисунок 3. Классификация рябчика русского

Семена собирались в ботаническом саду им. И.И. Спрыгина [5]. Был заложен опыт по проращению семян в разных температурных и световых условиях. Проращивание производилось в чашках Петри, на фильтровальной бумаге. В каждую помещалось до 20 семян. В ходе лабораторных опытов определяли всхожесть семян растений [6]. (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Рисунок 4).

Пересадка проростков растений на искусственную питательную среду (культура *in vitro*) проводилась в асептическом помещении (ламинар-боксе) стерильными инструментами. Стерилизация инструментов для работы с растительным материалом предварительно проводилась в сухожаровом шкафу. Непосредственно перед каждой манипуляцией с растительными эксплантатами металлические части инструментов прокаливались в пламени спиртовки. (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Рисунок 5-6).

Для культивирования растений использовали среду Мурасиге-Скуга с добавлением фитогормонов: ауксинов – индолилуксусная кислота (ИУК) (2 мг/л), цитокининов – кинетина (2 мг/л) и гиббереллинов – гибберелловая кислота (ГА<sub>3</sub>) (2 мг/л); содержание сахарозы – 20 г/л. Стерилизация



питательной среды осуществлялась в автоклаве при температуре 123 °С и давлении 1 атм. в течение 40 мин. [7]. (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Таблица 1-2).

Для стерилизации проростков применяли две схемы: а) 1% раствором «Жавель-клейд», содержащим натриевую соль дихлоризоциануровой кислоты (80-82 %), в течение 15 минут → 3% раствор пероксида водорода 3 минуты → трехкратная промывка стерильной дистиллированной водой; б) 0,5%  $\text{KMnO}_4$  (15 минут) → 1%  $\text{CuSO}_4$  (15 минут) → 70% этанол (1 минута) → 3% р-р  $\text{H}_2\text{O}_2$  (1 минута) → многократная промывка стерильной дистиллированной водой. (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Рисунок 6).

Растения выращивали при естественном освещении (8000-10000 лк) и температуре (+20-25°C). Измерение интенсивности освещения проводили в 12 часов дня при помощи люксметра Ю-116. Температура определялась с помощью комнатного термометра.

В культуру *in vitro* было пересажено 20 проростков. Через 30 дней 10 проростков из культуры *in vitro* пересадили в обычные пластиковые стаканчики и выращивали как комнатные растения на подоконнике.

### ГЛАВА 3. ОСОБЕННОСТИ ПРОРАЩИВАНИЯ СЕМЯН РЯБЧИКА РУССКОГО

Растение рябчика русского в природе может размножаться двумя способами: вегетативно и с помощью семян. Вегетативное размножение происходит с помощью дочерних луковиц и придаточных выводковых почек. Семенное размножение – основной способ увеличения площади и численности растений. Оно обеспечивает сменяемость поколений и устойчивость популяции.

Семенам подавляющего большинства дикорастущих и многих культурных растений свойственно состояние органического покоя. Такие семена даже при благоприятных для прорастания условиях неспособны прорасти совсем или имеют пониженную всхожесть. У некоторых видов покой семян настолько глубок, что им необходима для прорастания длительная и сложная предпосевная подготовка, а в естественных условиях прорастание начинается лишь через 1-2 года после посева, причем появление всходов растягивается на несколько лет.

У растений рябчика русского зародыш семени не сформирован до конца. Он окружен обильным эндоспермом – запасом питательных веществ, но трогаться в рост сразу после замачивания семян не может. Относительная автономность зародыша у рябчика достигается в период дифференциации основных осевых органов (стебля и корня). (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Рисунок 7).

Если проращивать семена рябчика в обычных температурных условиях (+20-25°C), то они не прорастут. Мы пытались прорастить семена рябчика в течение 3 месяцев при комнатной температуре. Не было получено ни одного проростка.

Для семян рябчика русского характерен сложный глубокий морфофизиологический покой (БВ-В<sub>3</sub>) [8]. Б – морфологический покой, вызванный анатомической недоразвитостью зародыша. Прорастание семян, находящихся в морфологическом покое, может начаться только после того, как

в них закончится доразвития зародыша. В – физиологический покой, вызванный особым состоянием зародыша (пониженная активность тканей). БВ – сочетание морфологического и физиологического покоя. В<sub>3</sub> показывает глубину покоя (1 – неглубокий; 2 – промежуточный; 3 – глубокий).

Для преодоления покоя семян рябчика русского необходима холодная стратификация. Стратификация – это процесс имитации влияния зимних условий (пониженных температур) на семена растений. В это время происходит доразвитие зародыша, он приобретает способность к прорастанию.

Мы выдерживали предварительно замоченные семена в холодильнике в течение 2-3 месяцев при температуре +5-10°C. Это снимает физиологический механизм торможения прорастания семян, и они начинают прорастать. Всхожесть семян составила 78-80%. Процесс прорастания был растянут примерно на 1 месяц. Все это время замоченные семена находились при температуре +5-10°C. (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Рисунок 8).

Многие ботаники и физиологи отмечают влияние не только температуры, но и света на прорастание семян. Был также заложен опыт по изучению влияния света на прорастание семян рябчика русского. Освещенность не оказала влияние на прорастание семян данного вида.

## ГЛАВА 4. КУЛЬТИВИРОВАНИЕ РЯБЧИКА РУССКОГО В УСЛОВИЯХ *IN VITRO*

После отработки метода преодоления покоя и последующего проращивания семян рябчика, было принято решение перевести полученные проростки в условия культуры *in vitro*.

Попытки выделения незрелых зародышей растения и пересадки их на искусственную питательную среду не увенчались успехом. Зародыши в рост не трогались. (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Рисунок 7). В культуре *in vitro* приживались и продолжали рост только проростки.

На основе проведенных исследований была разработана схема культивирования растений рябчика русского: проращивание семян в течение 2-3 месяцев в чашках Петри при низких положительных температурах (+5-10°C) → выделение проростков → стерилизация проростков в дезинфицирующих растворах → пересев проростков в культуру *in vitro*. Данная схема при введении в культуру оказалась удачной. В 80% случаев пробирки со средой не были заражены бактериями или грибной микрофлорой.

Анализировали 20 проростков рябчика русского.

На интенсивный рост растений оказывали влияние такие факторы, как:

- состав питательной среды (различные минеральные соли, витамины, сахара, которые создают растениям комфортные условия для питания и развития);
- фитогормоны, такие как ИУК (2 мг/л), кинетин (2 мг/л) и ГК<sub>3</sub> (2 мг/л), которые вызывают резкое ускорение роста зелёной массы растений;
- световой режим и температура.

Добавление фитогормонов является обязательным условием для культивирования растений в условиях *in vitro*. Ауксины вызывают клеточную дедифференцировку, цитокинины индуцируют деление дедифференцированных клеток и необходимы для получения каллусных тканей. Гиббереллины усиливают рост клеток растяжением.

Комнатная температура (+20-25°C) оказалась оптимальной для роста и развития растений.

В своих опытах вначале мы не использовали подсветку. В таких условиях в течение одного месяца образовывалась небольшая (2-3 мм) луковица, затем наземная часть начинала засыхать, и растение переходило в состояние покоя. (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Рисунок 9).

Опыты с культурой *in vitro* проводились в сентябре – декабре 2021 г. В это время средняя длина светового дня закономерно уменьшалась: сентябрь – 14 ч. 45 мин.; октябрь – 10 ч. 26 мин.; ноябрь – 8 ч. 45 мин.; декабрь – 7 ч. 49 мин. Период роста и развития наземных частей растения в природе приходится на апрель – май. Поэтому благоприятный световой день для рябчика русского во время вегетации должен составлять 13-17 ч. (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Рисунок 10).

Было принято решение часть растений культивировать с использованием подсветки. В качестве подсветки были использованы светодиодные лампы с возможностью регулирования спектрального состава света. Был оставлен красный (длина волны 660 нм) и синие спектры (длина волны 460 нм). Данные спектры оптимальны для роста и развития растений. Интенсивность света составляла 3500-4000 люкс. Данный опыт был заложен в теплице Пензенского государственного университета на кафедре «Общая биология и биохимия». (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Рисунок 12). В результате исследования было установлено, что интенсивность освещения недостаточна. Оптимальная интенсивность искусственного освещения должна составлять 1000-15000 люкс. Данные опыты планируется повторить летом при оптимальном для роста и развития растений световом дне.

Одновременно с культивированием растений в условиях *in vitro*, часть проростков была посажена в обычные пластиковые стаканчики и выращивалась как комнатные растения на подоконнике. (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Рисунок 11).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной научно-исследовательской работе была поставлена цель изучить особенности биологии и экологии рябчика русского, а также возможности культивирования данного растения в условиях *in vitro*. Была выдвинута гипотеза, что изучение способов преодоления покоя семян растений рябчика русского и возможности его культивирования в условиях *in vitro* позволит внести вклад в сохранение биоразнообразия нашей страны.

Установлено, что семенное размножение рябчика русского имеет свои особенности. Первое цветение может наблюдаться поздно – через несколько лет после посева. Всхожесть семян может сохраняться более двух лет, однако повреждающее действие насекомых-фитофагов отрицательно сказывается на семенном размножении. У растений рябчика русского зародыш семени не сформирован до конца, поэтому трогаться в рост сразу после замачивания семян не может. Для семян рябчика русского характерен сложный глубокий морфофизиологический покой (БВ-ВЗ). Все это в совокупности снижает потенциал семенного размножения и, возможно, является одной из причин того, что рябчик русский – редкое растение.

Нам удалось подобрать необходимые для прорастания семян рябчика условия. Необходима холодная стратификация в течение 2-3 месяцев при температуре +5-10°C.

Была разработана схема перевода растений рябчика русского в условия *in vitro*: проращивание семян в течение 2-3 месяцев в чашках Петри при низких положительных температурах (+5-10°C) → выделение проростков → стерилизация проростков в дезинфицирующих растворах → пересев проростков в культуру *in vitro*.

Стерилизация проростков проводилась согласно схемам: а) 1% раствор «Жавель-клейд» в течение 15 минут → 3% раствор пероксида водорода 3 минуты → трехкратная промывка стерильной дистиллированной водой; б) 0,5% KMnO<sub>4</sub> (15 минут) → 1% CuSO<sub>4</sub> (15 минут) → 70% этанол (1 минута) → 3% р-

p H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (1 минута) → многократная промывка стерильной дистиллированной водой.

На рост и развитие растений в условиях *in vitro* оказывали влияние такие факторы, как: состав питательной среды, фитогормоны, световой режим и температура. Для культивирования растений можно использовать среду Мурасиге-Скуга с добавлением фитогормонов (ИУК – 2 мг/л, кинетин – 2 мг/л и ГАЗ – 2 мг/л).

Интенсивность освещения должна составлять 8000-15000 люкс; длина светового дня – 13-17 ч.; температура +20-25°C.

Растения рябчика русского из условий культуры *in vitro* хорошо переносят пересадку в почвенный грунт, легко приживаются и могут в последствии быть использованы для высаживания в естественные условия произрастания.

Таким образом, выдвинутая гипотеза: изучение способов преодоления покоя семян растений рябчика русского и возможности его культивирования в условиях *in vitro* позволит внести вклад в сохранение биоразнообразия нашей страны, оказалась верной и была подтверждена экспериментально.

Технология *in vitro* позволяет получить здоровый посадочный материал, сохранить генетические ресурсы культурных и дикорастущих видов растений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международный союз охраны природы - МСОП ([iucn.org](http://www.iucn.org))  
Международный союз охраны природы – МСПО [Офиц. сайт]. URL: <https://www.iucn.org/> (Дата обращения: 08.09.2021).
2. Красная книга Российской Федерации (Растения и грибы). – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008.
3. Красная книга Пензенской области. Том 1. Грибы, лишайники, мхи, сосудистые растения. Издание второе. Пенза, 2013.
4. Плантариум. Определитель растений on-line [Офиц. сайт]. URL: [Рябчик русский - Fritillaria ruthenica - Описание таксона - Плантариум \(plantarium.ru\)](http://plantarium.ru) (Дата обращения: 08.09.2021).
5. Ботанический сад [Офиц. сайт]. URL: <https://botsad.pnzgu.ru> (Дата обращения: 08.09.2021).
6. ГОСТ 24933.2-81 «Семена цветочных культур. Методы определения всхожести и энергии прорастания». [Электронный ресурс] URL: <http://vsegost.com/Catalog/13/13865.shtml>. (Дата обращения: 08.09.2021).
7. Широков А.И., Крюков Л.А. Основы биотехнологии растений: Электронное учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 49 с.
8. Николаева М.Г., Разумова М.В., Гладкова В.Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. Л.: Наука, 1985. – 347 с.



## ПРИЛОЖЕНИЕ 1



Рисунок 4. Опыт по проращиванию семян:

А – зрелые плоды – коробочки и семена; Б – проросшие семена рябчика



Рисунок 5. Приготовление питательной среды:

А – взвешивание солей на аналитических весах; Б – стерилизация питательной среды в автоклаве



Рисунок 6. Опыт по культивированию растений *in vitro*:

А – стерилизация проростков; Б – пересадка проростков на искусственную питательную среду

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 1 – Приготовление маточных растворов для среды Мурасиге-Скуга

№п. п.	Компонент среды	Количество вещества
Маточный раствор макросолей (г на 1 л маточного раствора)		
1.	KNO <sub>3</sub>	38
2.	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	33
3.	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	3,4
4.	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	7,4
5.	CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	8,8
Маточный раствор микросолей (мг на 100 мл маточного раствора)		
6.	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	25
7.	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	2,5
8.	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	620
9.	MnSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	2410
10.	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	860
11.	KJ	83
12.	CoCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	2,5
13.	FeSO <sub>4</sub>	557
14.	Na <sub>2</sub> ЭДТА	745

Таблица 2 – Модифицированная питательная среда Мурасиге-Скуга для культивирования растений рябчика русского

Компоненты питательной среды	
Маточный раствор макросолей	50 мл/л
Маточный раствор микросолей	1 мл/л
Fe-хеллат	5 мл/л

CaCl <sub>2</sub>	50 л/л
Тиамин-НСl	0,1 мг/л
Пиридоксин-НСl	1 мг/л
Витамин В12	0,015 мг/л
Никотиновая кислота	2 мг/л
Фолиевая кислота	0,5 мг/л
ГК	2 мг/л
Кинетин	2 мг/л
Ауксин	2 мг/л
Сахароза	20г/л
Агар-агар	7 г/л
рН 5,7-5,8	

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

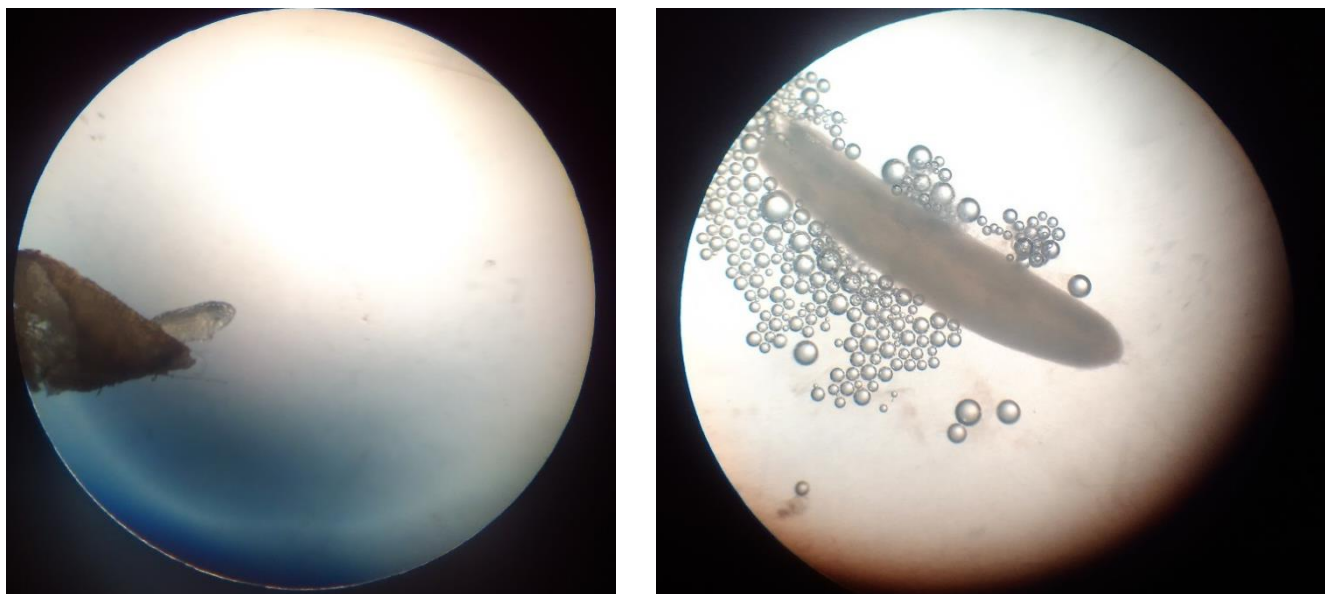


Рисунок 7. Зародыши рябчика русского под микроскопом:

А – выделение зародыша из семени после предварительного замачивания в течение 1 месяца при температуре +20-25°C (×40); Б – зародыш (×400)



Рисунок 8. Проросшие семена рябчика русского:

А – проросшее семя после холодной стратификации в течение 3 месяцев при температуре +5-10°C; Б – проросток, выделенный из семени сразу после начала прорастания (четко видны дифференцированные зародышевый корешок и побег)

#### ПРИЛОЖЕНИЕ 4

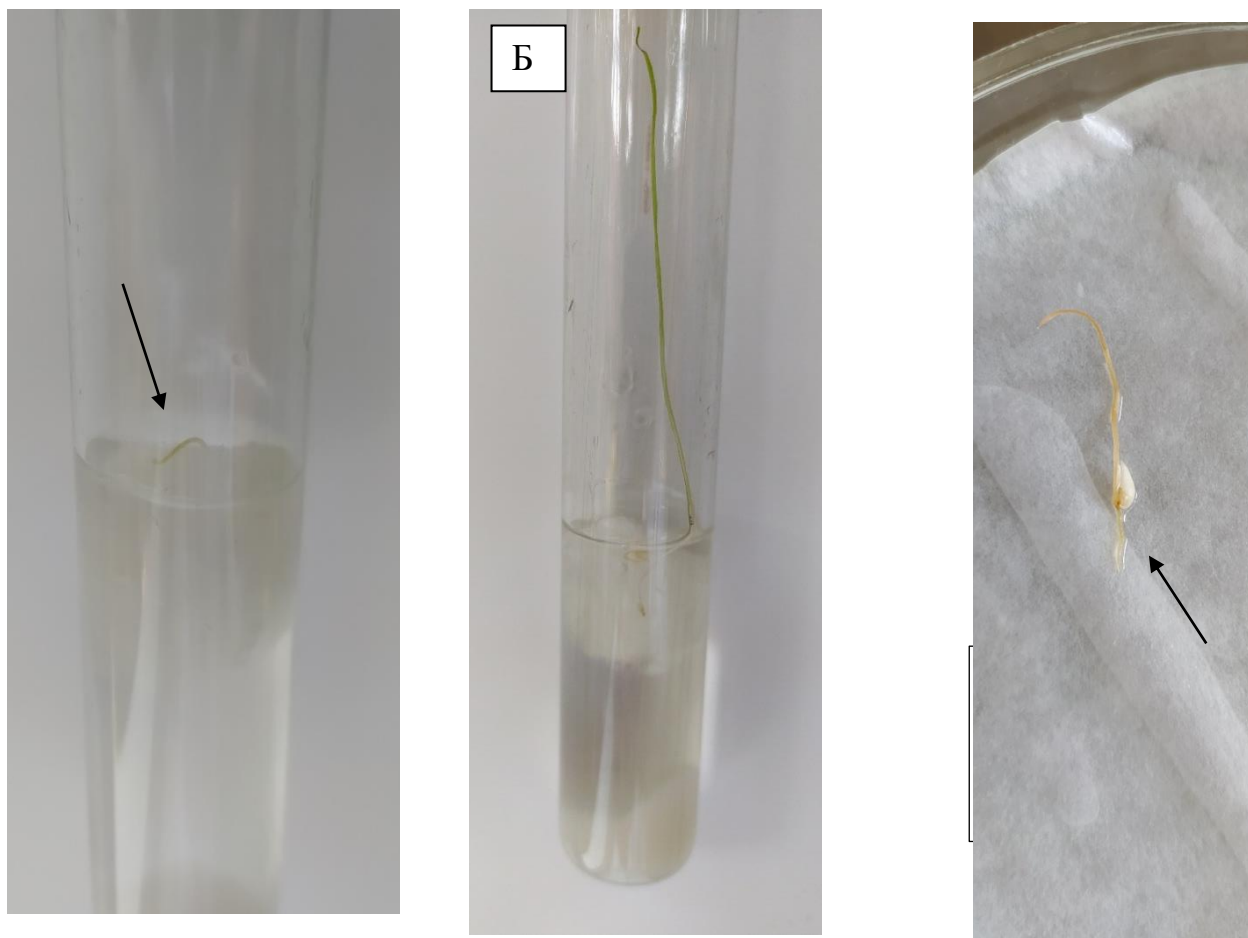


Рисунок 9. Растения рябчика русского при культивировании *in vitro*:

А – проросток после посадки; Б – растение в возрасте 1 месяца; В – луковица

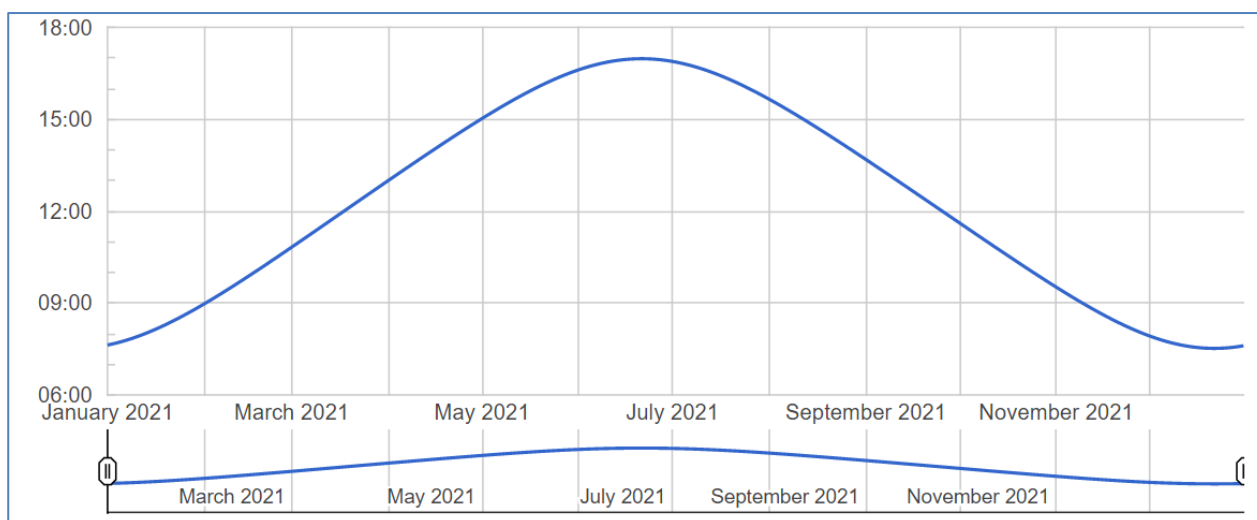


Рисунок 10. Продолжительность светового дня (ч) в Пензенской области за 2021 г

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5



Рисунок 11. Растения рябчика русского при выращивании в грунте из проростков

А – проростки после высадки в почвенный грунт; Б – растения в возрасте 1 неделя (слева без подсветки, справа – с использованием подсветки)

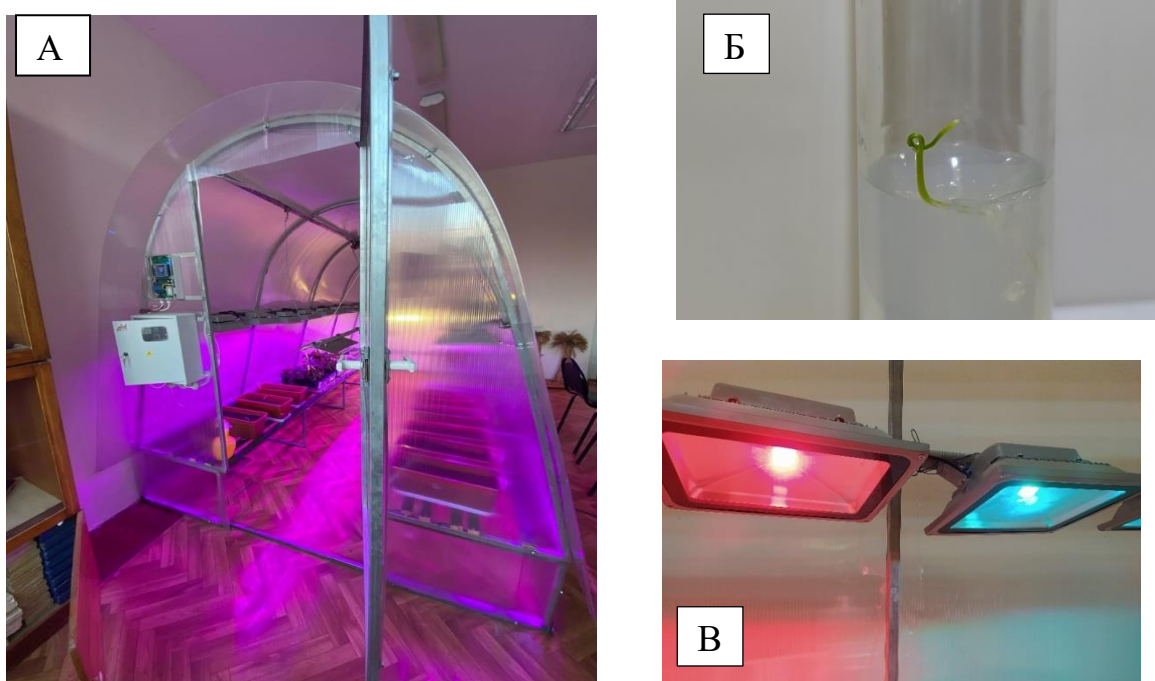


Рисунок 12. Теплица для выращивания растений. Пензенский государственный университет, кафедра «Общая биология и биохимия»

А – внешний вид теплицы; Б – растения *in vitro* в возрасте 3 дней (с использованием подсветки); В – светодиодные лампы для подсветки (красные и синие лучи солнечного спектра)