

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, Колышлейском, Малосердобинском, Неверкинском, Никольском, Пачелмском, Пензенском, Сердобском, Тамалинском, Шемышейском районах [3].

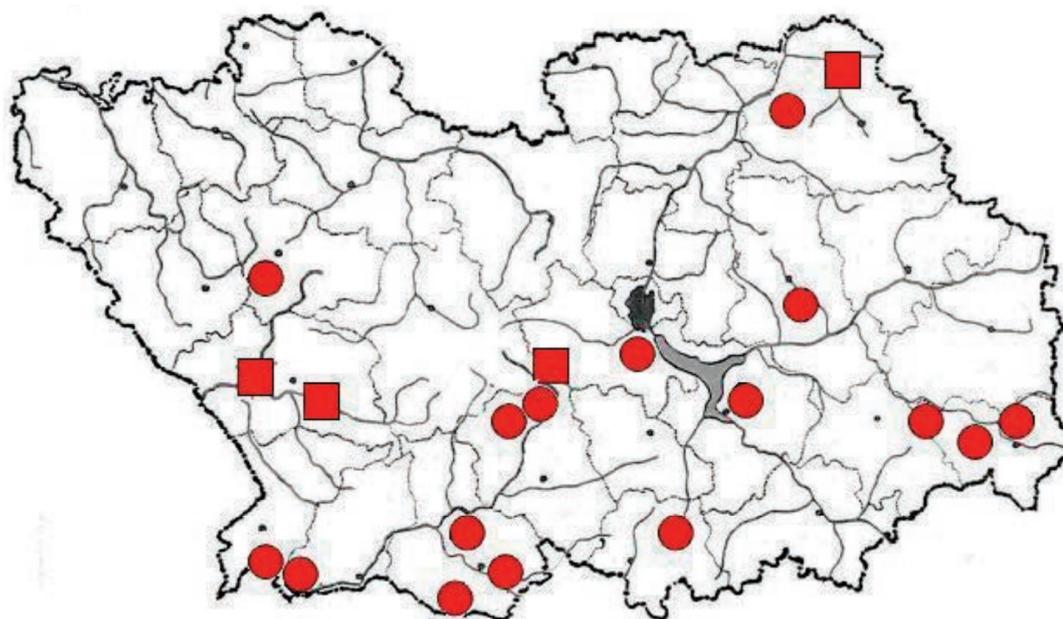


Рисунок 2. Распространение рябчика русского в Пензенской области:

● – 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 (ГА₃) (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% KMnO_4 (15 минут) → 1% CuSO_4 (15 минут) → 70% этанол (1 минута) → 3% р-р H_2O_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-В₃) [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. В₃ 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 ГК₃ (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% KMnO₄ (15 минут) → 1% CuSO₄ (15 минут) → 70% этанол (1 минута) → 3% р-

p H₂O₂ (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 [Официальный 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 [Официальный сайт]. URL: [Рябчик русский - Fritillaria ruthenica - Описание таксона - Плантариум \(plantarium.ru\)](http://plantarium.ru) (Дата обращения: 08.09.2021).
5. Ботанический сад [Официальный 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 ₃	38
2.	NH ₄ NO ₃	33
3.	KH ₂ PO ₄	3,4
4.	MgSO ₄ ·7H ₂ O	7,4
5.	CaCl ₂ ·2H ₂ O	8,8
Маточный раствор микросолей (мг на 100 мл маточного раствора)		
6.	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	25
7.	CuSO ₄ ·5H ₂ O	2,5
8.	H ₃ BO ₃	620
9.	MnSO ₄ ·5H ₂ O	2410
10.	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	860
11.	KJ	83
12.	CoCl ₂ ·6H ₂ O	2,5
13.	FeSO ₄	557
14.	Na ₂ 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 ₂	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

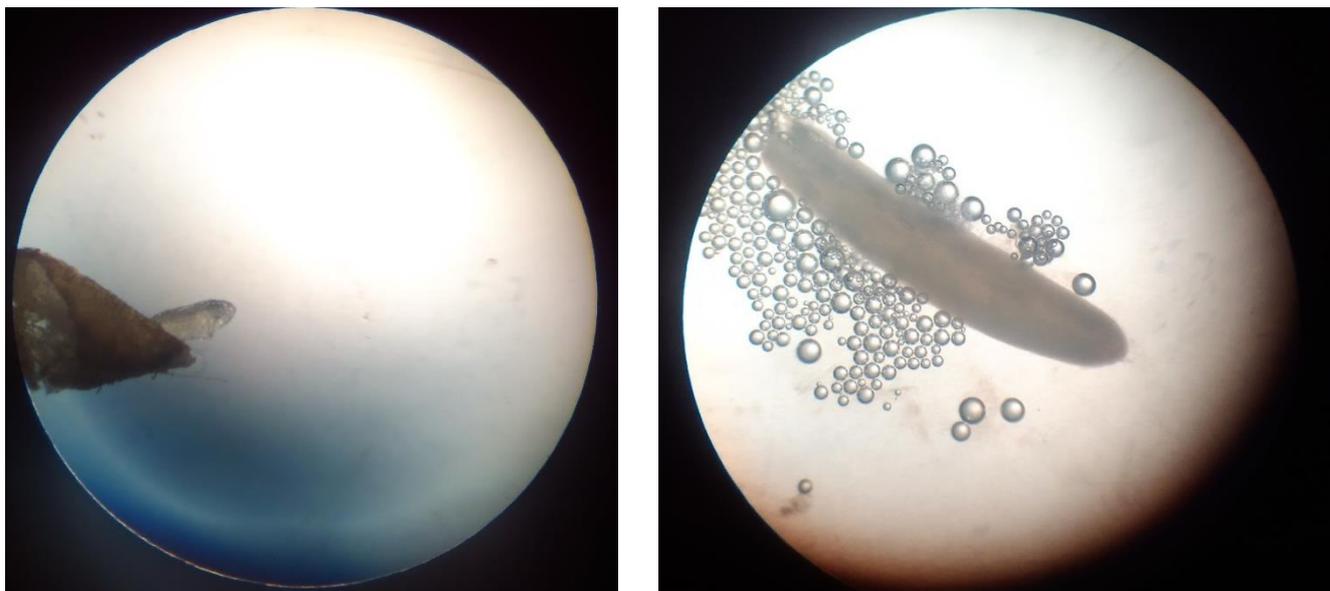


Рисунок 7. Зародыши рябчика русского под микроскопом:

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

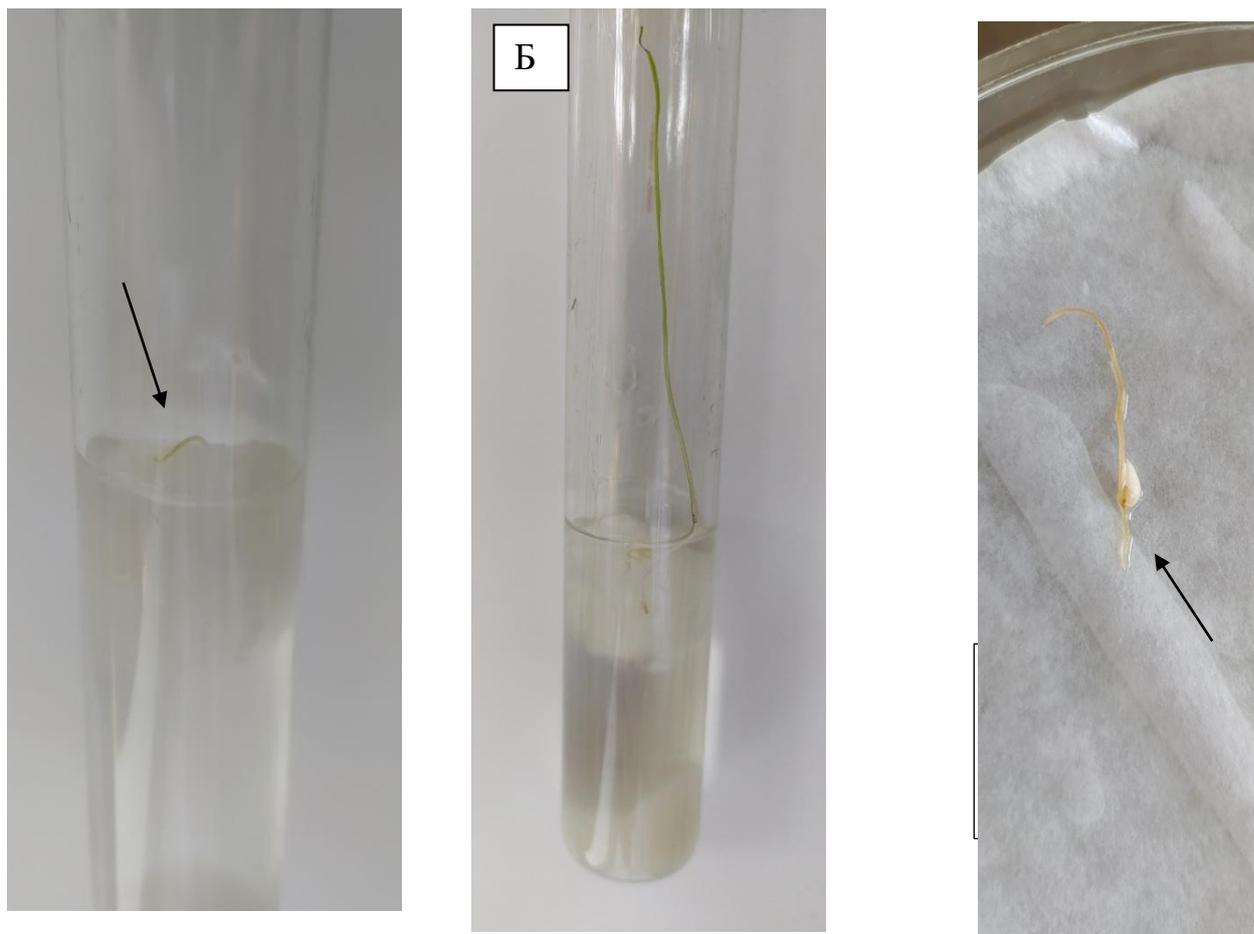


Рисунок 9. Растения рябчика русского при культивировании *in vitro*:

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

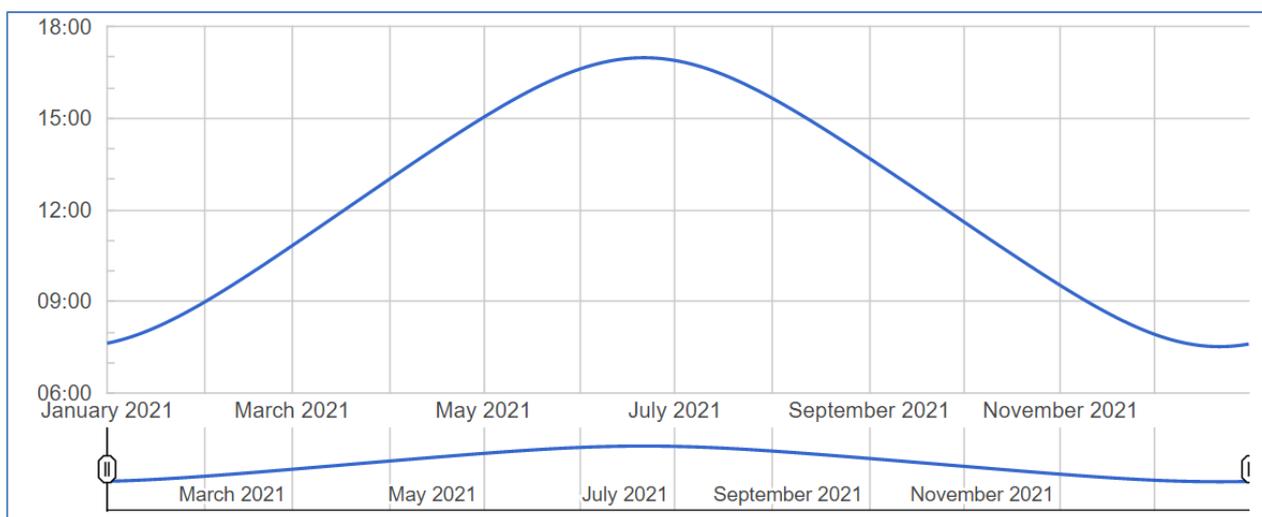


Рисунок 10. Продолжительность светового дня (ч) в Пензенской области за 2021 г

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)

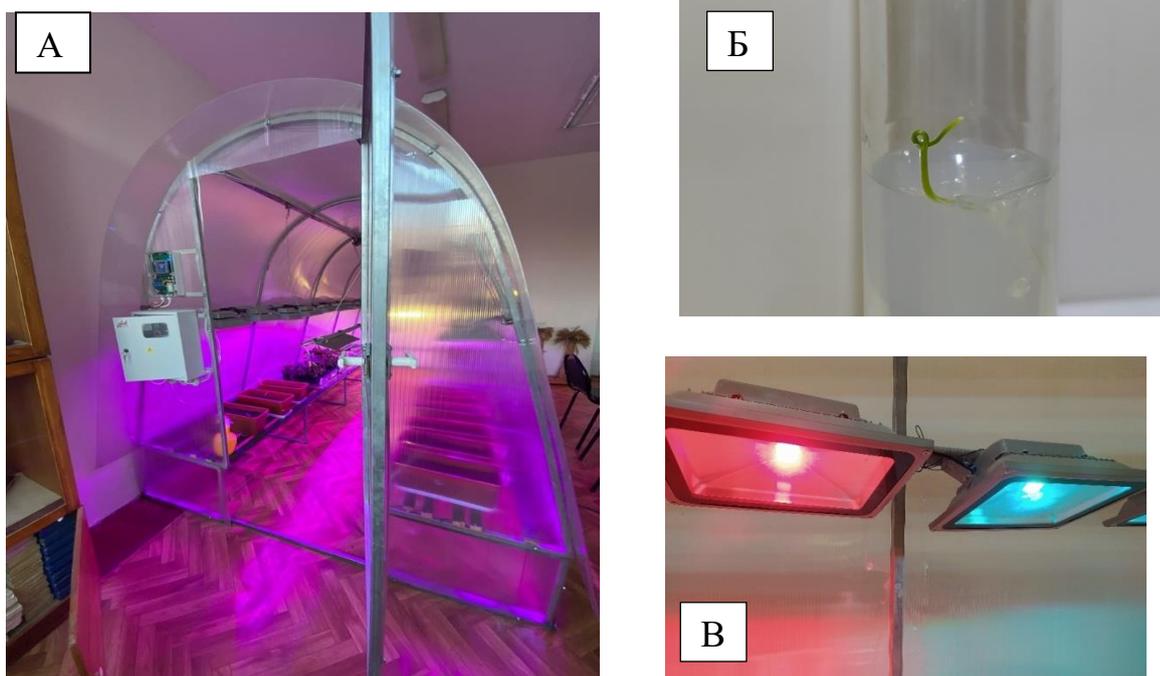


Рисунок 12. Теплица для выращивания растений. Пензенский государственный университет, кафедра «Общая биология и биохимия»

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)