

На правах рукописи



АНДРОСОВА Дария Николаевна

**ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ
ПРИРОДНОЙ ФЛОРЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ
ПРИ ИНТРОДУКЦИИ**

Специальность 03.02.08 – «Экология»
(биологические науки)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Якутск-2021

Работа выполнена в Институте биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук – обособленном подразделении Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук».

Научный руководитель:

Данилова Надежда Софроновна, доктор биологических наук, профессор.

Официальные оппоненты:

Ишмуратова Майя Мунировна, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»;

Ткаченко Кирилл Гаврилович, доктор биологических наук, ФБГУН Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук.

Защита состоится «26» апреля 2021 г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.306.03 при ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова» по адресу: 677000 г. Якутск, ул. Белинского, 58; e-mail: dsovet_nefu@mail.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»: www.s-vfu.ru.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2021 г.

Ученый секретарь диссертационного совета, кандидат биологических наук



М.В. Щелчкова

Список используемых сокращений

ГП – группа прорастания	НП – период до начала прорастания
ГТК – гидротермический коэффициент	ПП – период прорастания
ЛВ – лабораторная всхожесть	T_{cp} – средневзвешенное значение
МС – место сбора семян	периода прорастания

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В связи с промышленным и сельскохозяйственным освоением природа Центральной Якутии испытывает сильное антропогенное воздействие. Резко сокращается численность популяций ряда полезных видов растений, некоторые из них находятся под угрозой исчезновения. В то же время флора Центральной Якутии – источник полезных растений, обладающих комплексной устойчивостью к суровым климатическим условиям региона. Сохранение биоразнообразия природной флоры и обогащение культурной – две задачи, ведущая роль в решении которых принадлежит ботаническим садам. В рамках этих проблем особое значение приобретает изучение семенного размножения растений. Знания особенностей всхожести и характера прорастания, долговечности семян растений, относящихся к различным подразделениям растительного покрова необходимы для понимания биологии видов, выбора путей сохранения генетического разнообразия растений, восстановления численности видов в природных сообществах и для обогащения культурной флоры местными устойчивыми хозяйственно ценными видами растений. Это дает возможность планировать сбор семян для проведения реинтродукционных мероприятий, поддержания и развития коллекционных фондов, рационально подойти к разработке агротехнических приемов размножения полезных видов растений.

Цель исследования. Изучить эколого-биологические закономерности и характер прорастания семян травянистых растений природной флоры Центральной Якутии при интродукции.

Исходя из цели исследования, перед нами были поставлены следующие задачи:

- 1) Разработать классификацию прорастания семян травянистых растений природной флоры Центральной Якутии.
- 2) Выявить закономерности в характере прорастания семян растений различных эколого-фитоценологических групп.
- 3) Сравнить характер прорастания, всхожесть и морфологические показатели семян конкретных видов, в том числе семян редких и исчезающих растений флоры Якутии, собранных в культуре и природных местообитаниях, а также в различные по метеоусловиям годы.
- 4) Определить долговечность семян травянистых растений, хранившихся в лабораторных условиях и в толще многолетнемерзлых пород.

Научная новизна. Впервые выявлены особенности прорастания свежесобранных и после 5-7 месяцев хранения семян 204 видов растений природной

флоры Центральной Якутии. Разработана классификация прорастания семян травянистых растений Центральной Якутии. Выявлены эколого-фитоценологические аспекты их прорастания. Определены оптимальные, минимальные и максимальные температурные режимы прорастания семян (12 видов) Центральной Якутии. Проанализированы изменчивость размеров и массы семян, всхожесть и характер прорастания семян конкретных видов растений, сформированных в разные вегетационные сезоны. Определены биологическая (39 видов) и интродукционно-рентабельная долговечность семян (42 видов), а также реакция семян (7 видов) на криохранение в толще многолетнемерзлых грунтов при температуре от -6 до -10 °С.

Основные положения, выносимые на защиту:

1) Разработанная нами классификация прорастания семян отражает эколого-биологические особенности растений природной флоры Центральной Якутии.

2) Характер прорастания семян зависит от эколого-фитоценологической приуроченности вида: семена растений сухих степных местообитаний характеризуются ускоренным прорастанием, влажных (луговых, лесных, прибрежно-водных) – замедленным и затрудненным прорастанием.

3) Основные показатели прорастания семян видоспецифичны. Семена, одного вида, сформированные в различных условиях произрастания (природа и культура, гидротермические условия разных вегетационных сезонов) не проявляют существенных различий по своим основным показателям (ход прорастания, всхожесть), принадлежность к группе прорастания остается неизменной.

Практическая значимость. Результаты исследований прорастания и долговечности семян травянистых растений могут быть использованы в ботанических садах, генных банках при сохранении и восстановлении генофонда, при рекультивационных и озеленительных работах, для реинтродукционных мероприятий, которые могут способствовать восстановлению численности их природных популяций. Изучение семян редких и исчезающих видов позволяет разработать необходимые меры их охраны. Материалы диссертации могут использоваться в учебных курсах «Ботаника. Анатомия и морфология растений», «Семеноведение» и полевых практиках студентов ФГАОУ ВО СВФУ им. М.К. Аммосова и ФГБОУ ВО Арктический ГАГУ.

Степень достоверности и апробации работы. Достоверность результатов исследования подтверждается большим количеством материала, использованием классических и современных методов исследования. Обработка полученных результатов выполнялась с использованием программ статистического анализа. Основные положения и материалы работы в виде докладов были представлены на 4 международных, всероссийских и региональных конференциях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из 181 страниц, включает введение, 7 глав, выводы, список литературы (314 источников, из которых 56 иностранных), приложения.

Публикации. Основное содержание диссертации отражено в 13 печатных работах, из которых 5 статей опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 2 статьи - в журналах, входящих в международные базы WoS и Scopus.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН

Представлен литературный обзор изучения эколого-биологических особенностей прорастания семян растений, покоя семян, долговечности, влияния абиотических факторов среды на прорастание семян.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом наших исследований являлись семена 204 видов многолетних травянистых растений, в том числе 45 редких и исчезающих видов флоры Якутии. Семена для исследования собраны в фазе полной зрелости в коллекции природной флоры Якутии Ботанического сада Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, а также в природных популяциях в окрестностях г. Якутска. Работа проводилась в течение шести лет с 2014 по 2019 гг. Изучение долговременного хранения семян начато в 2005 г. (С.З. Борисовой, Н.С. Даниловой, П.А. Павловой), с 2014 г. работы были продолжены нами.

Изучение прорастания семян проводилось в соответствии со стандартными методиками М.К. Фирсовой (1969), З.Г. Беспаловой с соавторами (1980) и И.В. Борисовой (1996) в лабораторных условиях. Условия прорастания семян: температура $23 \pm 1^\circ\text{C}$ и естественное освещение. Всего высеяно 412 тыс. семян, поставлено более 1030 опытов. Свежесобранными считали семена, поставленные на проращивание в день сбора, чтобы исключить послеуборочное их дозревание. Семя считали проросшим при наличии корешка, размер которого равен семени. Период до начала прорастания семян - дни от момента укладки семян на субстрат до момента появления первого проросшего семени. Продолжительность прорастания – промежуток времени между началом и полным прорастанием семян. Для характеристики прорастания семян учитывали процент проросших семян на 3-е, 5-е, 7-е и 10-е сутки от начала постановки опыта. Лабораторную всхожесть определяли по числу проросших семян в процентах. Опыт длился до полного прорастания всех семян, либо прекращали при отсутствии новых проростков в течение 30 дней. Для семян некоторых видов, пророщенных при различных температурных режимах, определено средневзвешенное значение (T_{cp}) периода прорастания семян по А.Ф. Бухарову с соавторами (2017). При слабом или отсутствии прорастания в лабораторных условиях семена были подвергнуты разным срокам и способам стратификации в климатоканере BINDER KBWF 240.

Рентгенографический анализ репродуктивных диаспор проведен сотрудниками кафедры Электронных приборов и устройств Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) с использованием аппарата ПРДУ (передвижная рентгеновская диагностическая установка) цифрового изображения, сканирование пластины проведено с помощью сканера DIGORA PCT (Грязнов и др. 2015; Староверов и др., 2015).

Массу 1000 семян определяли по С.С. Лишук (1991). Морфология (ширина и длина) семян в 30-кратной повторности изучалась с помощью микроскопа МБС-10 (Биолам), снабженного микрометрическими шкалами.

При определении биологической долговечности семян придерживались классификации И.В. Борисовой (1998). Интродукционно-рентабельную долговечность определяли по методике Т.В. Елисафенко (2013). Эксперименты по длительному хранению семян одного срока сбора проведены в разных температурных условиях: лабораторных ($23\pm 1^\circ\text{C}$) и в толще многолетнемерзлых грунтов на глубине 12 м (от -6 до -10°C) – криохранилище. Влажность семян перед закладкой определяли весовым методом (высушиванием при температуре 105°C до постоянного веса) в трехкратной повторности.

Гидротермический коэффициент (ГТК) определяли по Г.Т. Селянинову (Лосев, 1974).

Сравнение средних значений выборок проводили методом дисперсионного анализа (ANOVA). Значимость отличий между средними значениями определяли, используя критерии Стьюдента и Бонферрони для множественного сравнения при уровне $p\leq 0,05$ и $p\leq 0,008$. Достоверность полученных в ходе исследования результатов подтверждена дискриминантным и кластерным анализом методом Уорда. Факторный анализ по методу главных компонент (РСА) и дискриминантный, кластерный анализ осуществляли в программе Statplus и Statistica v. 8.

Названия растений приведены в соответствии с «Конспектом флоры Азиатской части России» (2012).

ГЛАВА 3. ВСХОЖЕСТЬ И ХАРАКТЕР ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН РАСТЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

3.1 Всхожесть и характер прорастания свежесобранных семян растений Центральной Якутии

Наличие первичного (Работнов, 1950) и особенно вторичного (Крокер, Бартон, 1955; Николаева, 1967) покоя семян дикоросов способствует сохранению их в почве и поддержанию устойчивости данного вида в фитоценозе. В связи с этим, основной задачей, ставившейся при проращивании свежесобранных семян, было выяснение наличия первичного покоя у различных растений Центральной Якутии.

В эксперимент были включены семена 182 видов, относящихся к 38 семействам и 125 родам. В основу классификации были положены основные показатели прорастания – период до начала прорастания, продолжительность прорастания, процент проросших семян на 3, 5, 7 и 10 день и лабораторная всхожесть. В результате кластерного анализа методом Уорда (рис. 1) видно четкое разделение семян на 3 группы с учетом всех показателей, наиболее значимыми из которых являются лабораторная всхожесть и процент проросших семян на 10-й день опыта. В распределении 8 подгрупп (IA, IB, IC, IG; II; IIIA, IIIB, IIIC), первоначальную роль играет показатель – процент проросших семян на 3, 5, 7, 10 день опыта (табл. 1). Это основное отличие от других классификаций, в которых в качестве основных критериев служат скорость прорастания семян (быстрое или замедленное) или порционность их прорастания (Филимонов, 1954; Вихирева-Василькова, 1958; Беспалова и др., 1980; Борисова, 1996; Андриянова, 2008 и др.).

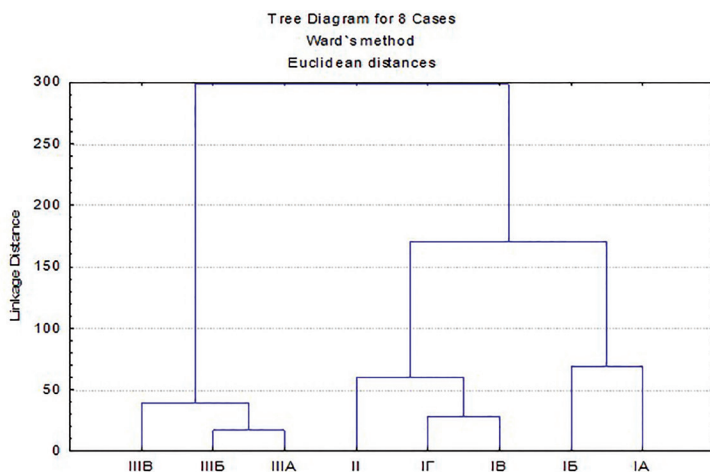


Рисунок 1 – Дендрограмма групп прорастания

Таблица 1 – Классификация прорастания семян

Группа, подгруппа	Период, дни		Процент проросших семян		Число видов	
	до прорастания	прорастание	на 3-й и 5-й день	на 7-й и 10-й день	свежесоб- ранные	после хранения
I группа. Семена с высокой всхожестью от 70 до 100%						
IA	1 – 3	3 – 41	50 – 100	50 – 100	22	51
IБ	1 – 8	5 – 78	0 – 49	50 – 100	28	38
IВ	2 – 9	4 – 53	0 – 24	1 – 49	24	16
IГ	10 – 23	11 – 62	0	0	10	3
II группа. Семена со средней всхожестью от 40 до 69%						
II	1 – 8	9 – 83	0 – 43	1 – 49	25	17
III группа. Семена с низкой всхожестью от 1 до 39% и 0%						
IIIА	2 – 8	1 – 30	0 – 12	1 – 31	27	29
IIIБ	10 – 29	1 – 75	0	0	18	13
IIIВ	0	0	0	0	28	15

Дискриминантный анализ выявил достаточно четкие различия между группами и подгруппами по комплексу выбранных показателей (рис. 2). Наибольший вклад в изменчивость вносят два показателя из восьми: лабораторная всхожесть и процент проросших семян на 10-й день. Вклад этих показателей в функции составляет 87% и 45% соответственно.

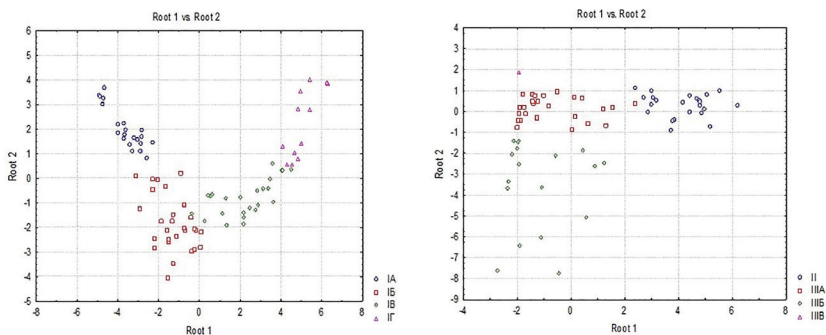


Рисунок 2 – Распределение выборок I (слева) и II-III групп (справа) в пространстве первой (Root 1) и второй (Root 2) дискриминантных функций (Root 1 – лабораторная всхожесть – вклад в функцию 87%, Root 2 – процент проросших семян на 10 день – вклад в функцию 45%)

По данным дискриминантного анализа суммарная точность классификации составила 93,4%. Наиболее обособленными оказались подгруппы IA и IIIB (точность прогноза-100%), IB, IG, II, IIIA (точность прогноза составляет от 91,3% до 96,3%), наименьшая точность прогноза подгруппа IIIB (77,8%). Распределение подгрупп в пространстве первой и второй дискриминантных функций показало, что подгруппы четко различаются, хотя характер прорастания семян некоторых видов оказываются очень сходными с семенами других подгрупп, что видно перекрыванием точек по периферийной части подгрупп IB и IG, IG и II.

Группа I. Семена с высокой всхожестью 70÷100% объединяет четыре подгруппы, всего 84 вида (табл. 1). Различаются по темпу (характеру) прорастания семян. Первые две подгруппы характеризуются ускоренным прорастанием семян, последние две - замедленным.

Подгруппа IA. Семена с взрывным характером прорастания, от 50 до 100% проросших семян приходится на 3-е и 5-е сутки опыта (рис. 3а).

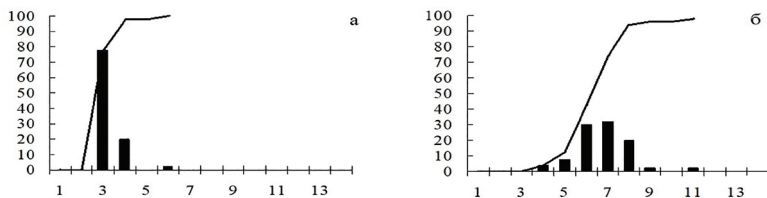


Рисунок 3 – Ускоренное прорастание семян с высокой всхожестью. Взрывное прорастание (подгруппа IA) семян *Chamerion angustifolium* (L.) Holub (а) и быстрое прорастание (подгруппа IB) семян *Viola gmelinii* Roemer et Schult (б). Здесь и на последующих рисунках: по оси ординат - % проросших семян; по оси абсцисс – дни прорастаний. Диаграммами показан % проросших семян в день наблюдений, сплошной линией – ход прорастания (сумма проросших семян ко дню наблюдений).

Подгруппа IB. Семена с быстрым прорастанием, от 50 до 100% проросших семян отмечаются на 7-е и 10-е сутки (рис. 3б).

Подгруппа IB. Семена с медленным прорастанием, от 1 до 49% проросших семян приходятся на 7-й и 10-й день опыта (рис. 4а).

Подгруппа IB. Семена с медленным прорастанием, мелкопорционным прорастанием, на 10-е сутки опыта 0% проросших семян (рис. 4б).

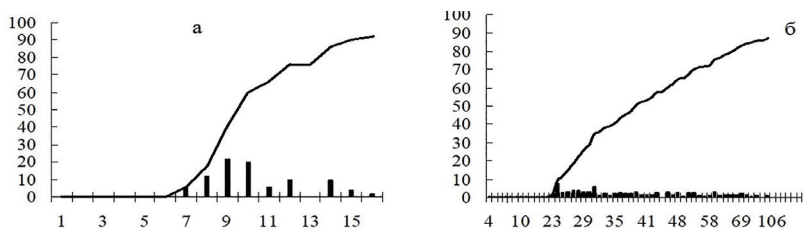


Рисунок 4 – Медленное прорастание семян с высокой всхожестью. Семена *Androsace incana* L.am. (а) (подгруппа IB) и семена *Ranunculus prorepens* C.A. Mey (б) (подгруппа IB).

Группа II. Семена со средней всхожестью 40÷69% (табл. 1). На 7-10-е сутки опыта от 0 до 49% проросших семян (рис. 5а и б) – 25 видов.

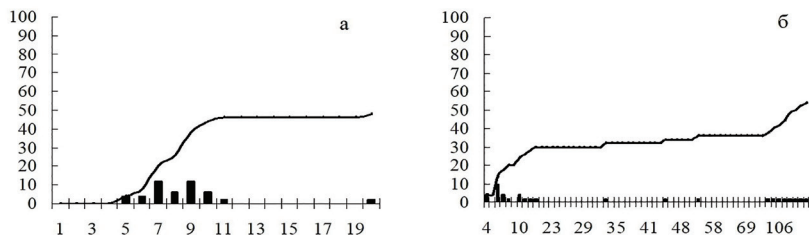


Рисунок 5 – Медленное прорастание семян со средней всхожестью. Семена *Allium senescens* L. (а) и *Lupinaster pentaphyllus* Moench (б)

Группа III. Семена с нулевой и низкой всхожестью 1÷39% (табл. 1). Объединяет 3 подгруппы – 73 видов.

Подгруппа IIIA. Виды, со слабым прорастанием семян, всхожесть составляет 1÷39%, процент проросших семян – 1÷31%

Подгруппа IIIB. Виды, со слабым прорастанием семян, всхожесть - 1÷39%, проросших семян на 10-е сутки опыта – 0%.

Подгруппа IIIV. Семена с нулевой всхожестью.

Таким образом, без первичного покоя прорастают свежесобранные семена 84 изученных видов (46,1%), семена 98 видов (53,9%) в процессе адаптивной эволюции выработали свойства, предотвращающие несвоевременное прорастание и характеризуются заторможенным и затрудненным или отсутствием прорастания.

3.2 Всхожесть и характер прорастания после сухого хранения семян растений Центральной Якутии

Для выведения из состояния неглубокого физиологического покоя семена многих видов нуждаются в сухом хранении. Длительность его у разных видов варьирует от нескольких суток до 5-12 месяцев, а иногда они выходят из этого состояния после хранения в течение нескольких лет.

Результаты опыта по определению изменения биологических свойств семян 182 видов при воздушно-сухом хранении в течение 5-7 месяцев в лабораторных условиях представлены на рис. 6. После хранения значительно увеличилось количество видов с ускоренным прорастанием и высокой всхожестью (IA и IB). Если до хранения быстро и дружно на 3-5-й (IA) и 7-10-й (IB) день с высокой всхожестью прорастали семена 22 (т.е. 12% от всех участвовавших в опыте) и 28 (15%) видов, то через 5-7 месяцев, их количество увеличилось в 2,3 и 1,4 раза до 51 и 38 (28 и 20%). Пополнение IA подгруппы идет, в основном, за счет дозревания семян подгруппы с высокой всхожестью и с быстрым и дружным прорастанием на 7-й и 10-й дни (IB), а подгруппы IB – за счет семян с замедленным прорастанием (IB) и, частично, за счет семян групп II и III. Количество видов с семенами со средней всхожестью изменилось мало - с 25 (14%) до 17 (9%). Семена видов III группы после хранения ведут себя неоднозначно – часть семян пополнили группы I и II, семена других видов продолжают оставаться труднопрорастающими и с нулевой всхожестью. Одновременно с этим наблюдается обратный процесс (рис. 6). Из групп I и II после хранения в группу III переходят виды, семена которых в процессе хранения уходят в покой, приобретают «твердосемянность», в силу чего всхожесть их падает. В целом III-я группа сократилась на 32 вида (18%), но одновременно пополнилась 12-ю видами из групп I и II (7%). Это виды Fabaceae, Ranunculaceae и Poaceae. Прорастание семян с низкой и нулевой всхожестью (III группы) после 5-7-месячного хранения говорит о наличии неглубокого покоя семян у этих растений. Семена 28 видов этой группы переходят в первую группу: IA – 11, IB – 5, IB – 5 и II – 1 и II – 6 видов.

В целом, сухое хранение в течение 5-7 месяцев оказывает положительное действие на семена большинства видов: повышается лабораторная всхожесть и процент проросших семян в первые 10 дней, сокращается период до начала прорастания и продолжительность прорастания семян.

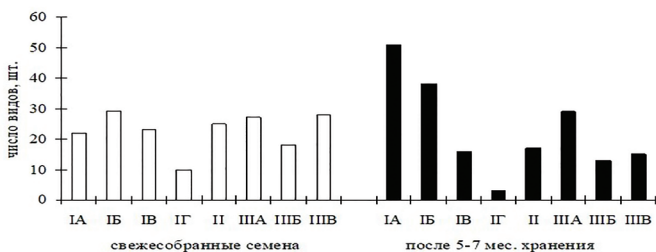


Рисунок 6 – Изменение характера прорастания семян после 5-7 месяцев сухого хранения

3.3 Рентгеноскопический анализ семян интродуцированных растений Центральной Якутии

Для оценки способности семян к прорастанию (жизнеспособности) был проведен рентгенографический анализ 20 видов, которые до и после хранения не прорастали или имели низкую всхожесть от 1 до 14%. Рентгенографический анализ показал, что высокая жизнеспособность (от 70 до 100%) отмечена у 13 видов (рис. 7), средняя (от 43,8 до 65,8%) – у 5. Это свидетельствует о том, что семена видов, обладающих высокой и средней жизнеспособностью, находятся в покое, и для вывода их из этого состояния необходимо создание соответствующих условий. Семена 2-х видов: *Cacalia hastata* L. и *Saussurea alpina* (L.) DC. (рис. 7) отличаются низкой жизнеспособностью (26,5 и 0,9 %). Сопоставление показателей жизнеспособности семян *Saussurea alpina* в 0,9% и лабораторной всхожести до и после хранения в 1%, дает возможность предполагать, что всхожесть жизнеспособных семян этого вида потенциально может составить 100%. Напротив, нулевая всхожесть семян *Cacalia hastata* обусловлена не только низкой жизнеспособностью семян, но, в большей мере тем, что семена этого вида находятся в глубоком покое, о чем свидетельствует тот факт, что нами не было отмечено прорастания ни у свежесобранных семян, ни после их хранения.

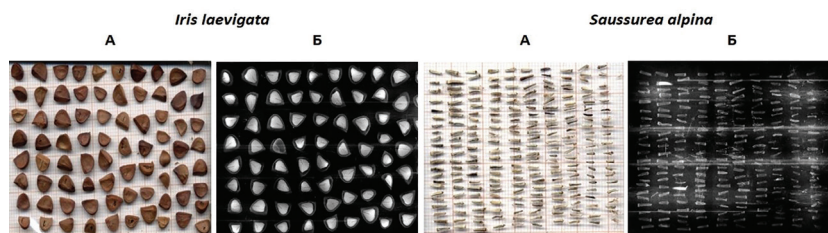


Рисунок 7 – Рентгенографический анализ семян: А – сканированные семена, Б – рентгенограмма

3.4 Влияние стратификации на прорастание семян с замедленным и затрудненным прорастанием семян (III группа)

Для доразвития зародыша и устранения физиологического механизма торможения (ФМТ) семена 36 видов подвергались одноэтапной и двухэтапной стратификации.

При месячном выдерживании семян при пониженной переменной температуре ($0 \div +3^\circ$) происходит доразвитие и устранение ФМТ у четырех видов - *Phlojodicarpus sibiricus* (Fisch. ex Spreng.) Koso-Pol., *Polemonium boreale* Adams, *Iris setosa* Pall. ex Link и *I. laevigata* Fisch. et C.A. Mey.

При более продолжительной стратификации ($0 \div +3^\circ$) в течение 3-х месяцев доразвитие и устранение ФМТ происходит у 7 видов (*Heracleum dissectum* Ledeb., *Filipendula palmata* (Pall.) Maxim., *Phlojodicarpus sibiricus*, *Polemonium boreale*, *Hedysarum dasycarpum* Turcz., *Iris laevigata* и *I. setosa*).

Физиологический покой семян 6 видов (*Galium boreale* L., *Iris laevigata*, *Mulgedium sibirica* Cass. ex Less., *Polemonium boreale*, *Ranunculus turneri* subsp. *jacuticus* (Ovcz.) Tolm., *Rumex aquaticus* L.) устраняется при воздействии в течение месяца постоянной температуры +5°C.

Кратковременное действие холодной стратификации (2 недели) при температуре +8°C положительно действует на прорастание семян *Iris sanguinea* Donn.

Смена тепла и холода выводит из состояния покоя небольшую часть от 0 - 8% до 27 - 57% семян у 4 видов (*Iris setosa*, *Filipendula palmata*, *Phlojodicarpus sibiricus*, *Polygala sibirica* DC.) и максимально до 95% семян у одного вида - *Iris laevigata*.

Также было испытано действие естественного холода под открытым небом при t° от -2 ÷ -14° до +10 ÷ +18°. Эти условия положительно повлияли на прорастание семян *Adonis sibirica* Patrín и *Paeonia anomala* L.

В результате воздействия различных вариантов стратификации семена 21 вида мы не смогли вывести из состояния покоя. Вероятно, семенам данных видов необходимы иные температурные условия, более продолжительное время, многоэтапная стратификация или другие воздействия. Поэтому необходимы дальнейшие исследования, чтобы получить представление об основных механизмах, участвующих в прорастании семян дикорастущих травянистых растений Центральной Якутии.

ГЛАВА 4. ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

4.1 Прорастание семян растений различных эколого-фитоценологических групп

На обширной природной территории Центральной Якутии растительный покров весьма неоднороден. Большие площади заняты лесами, на надпойменных террасах и коренных берегах рек развита степная растительность, на поймах и террасах распространены луга. По берегам рек, озер, болот распространена прибрежно-водная и болотная растительность. В последние годы, в связи с агропромышленным освоением Центральной Якутии, увеличиваются площади, занимаемые сорной растительностью.

Нами изучены закономерности прорастания семян травянистых растений, приуроченных к различным типам растительности и экологическим группам. Наиболее представлены в эксперименте степные (76), луговые (45), лесные (35), сорные (19) и в меньшей степени прибрежно-водные (7). В пределах этих подразделений растительного покрова выделены соответствующие экологические группы: ксерофиты - 23 вида, мезоксерофиты - 58, мезофиты - 45, ксеромезофиты - 44, гигромезофиты - 1, мезогигрофиты - 3, гигрофиты - 7, гидрофит - 1 вид.

В процессе эволюции у растений разных эколого-фитоценологических групп сложился различный характер прорастания, имеющий адаптивное значение (рис. 8). Семенам растений влажных местообитаний свойственно затрудненное прорастание, обусловленное покоем, который препятствует несвоевременному их прорастанию. Так, у луговых растений (пойменных) в процессе эволюции выработалось затрудненное прорастание, как приспособительное свойство к условиям весеннего разлива вод.

Семенам растений сухих степных местообитаний, наоборот, свойственно ускоренное прорастание (рис. 8). В условиях длительного дефицита воды сформировались семена, готовые к быстрому прорастанию при повышении влажности. Учитывая это обстоятельство, почвенный банк степных растений после обильных дождей истощается, поэтому необходимо обратить особое внимание на охрану уникальных степных сообществ Центральной Якутии.

Для свежесобранных семян растений переходных экологических групп – мезоксерофитов и ксеромезофитов, характерна более или менее равномерная представленность ускоренного, замедленного и затрудненного прорастания. После сухого хранения значительно увеличивается число видов с ускоренно прорастающими семенами. У растений разных экологических групп выявлены различия в качестве семян. Наиболее высокое качество семян характерно для растений сухих местообитаний – ксерофитов (степных склонов), мезоксерофитов (остепненных лугов, сухих лесов). Подавляющая их часть обладает высокой всхожестью.

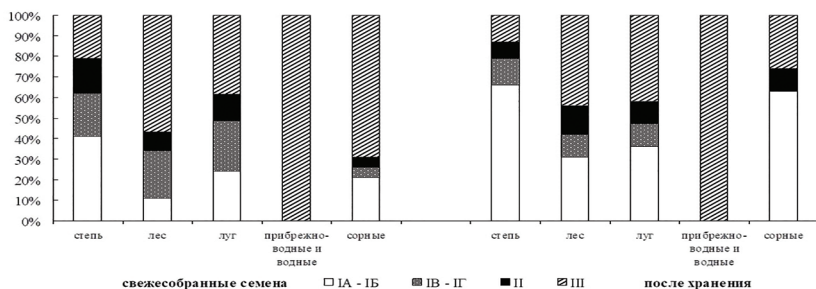


Рисунок 8 – Характер прорастания свежесобранных и после хранения семян видов приуроченных к различным подразделениям растительного покрова

Семена растений влажных местообитаний ведут себя неоднозначно, часть видов повышают качество семян после сухого хранения, остальные требуют особых условий. Прорастание семян сорных растений имеет свои особенности. Свежесозревшие семена некоторых сорных растений способны прорасти сразу после осыпания. Семена других находятся в экзогенном покое, в котором пребывают в течение зимы и после перезимовки могут почти синхронно на 100% прорасти весной. У некоторых сорняков, например у *Chenopodium album* L., семена характеризуются полиморфизмом (имеют два и более типов семян) и требуют различные условия для прорастания.

4.2 Всхожесть и характер прорастания семян травянистых растений Центральной Якутии в связи с систематическим положением

Нами рассмотрены всхожесть и характер прорастания семян растений 8 ведущих семейств Центральной Якутии: Asteraceae, Ranunculaceae, Fabaceae, Brassicaceae, Rosaceae, Poaceae, Caryophyllaceae, Lamiaceae. Общее количество

видов в них составляет 114 (63%), родов - 77 (62%), остальные 30 семейств представлены 1-5 видами. Рассмотренные 8 семейств неоднозначны по характеру прорастания семян. В пределах каждого из них отмечено разнообразие характера прорастания от ускоренного до затрудненного; многие виды продуцируют неоднородные семена (гетерокарпия), без покоя или с покоем разной глубины. Это является приспособлением для выживания растений и сохранения их популяций. Часть семян могут прорасти сразу после созревания и отделения от материнской особи, а остальные зачатки пополняют почвенный банк семян и таким образом способствуют сохранению вида. Но вместе с тем каждое семейство имеет свои особенности в прорастании. Семена видов сем. Brassicaceae в свежем состоянии прорастают единично или не прорастают, после хранения семена всех видов созревают и имеют ускоренный тип прорастания. У видов сем. Fabaceae свежесобранные семена медленно и равномерно максимально прорастают, но через 5-7 мес. хранения приобретают твердосемянность и прорастание становится затрудненным. Свежесобранные семена большинства видов сем. Ranunculaceae имеют глубокий покой, не снимающийся даже при сухом хранении (рис. 9).

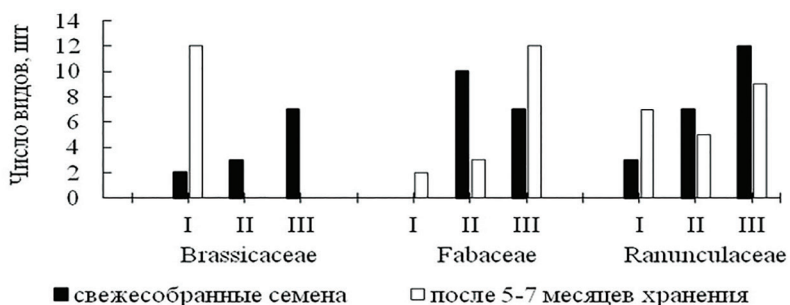


Рисунок 9 – Распределение видов основных семейств по группам прорастания до и после хранения

4.3 Всхожесть, характер прорастания и морфология семян травянистых растений в условиях культуры и природы

Репродуктивная способность интродуцентов во многом зависит от степени ответственности биологии растений новым условиям среды (Некрасов, 1973). Условия культуры помогают выявить и реализовать потенциальные возможности растений. Одна из задач нашей работы – сравнительное изучение характера прорастания и всхожести семян в природе и в культуре по следующим показателям: периоды до начала и в процессе прорастания, процент проросших семян на 3, 5, 7 и 10 день, лабораторная всхожесть семян. Из данных, приведенных в таблице 2 больших различий между семенами, собранными в природных условиях (далее природа) и в культуре не отмечается. Менее изменчивы первые два показателя, более – процент проросших семян на 3, 5, 7 и 10 день и лабораторная всхожесть семян, но эти

различия между семенами, собранными в природе и культуре не переходят границы групп прорастания (табл. 2). Это свидетельствует о том, что эти показатели являются видовой особенностью и наследственно прочно закреплены.

Таблица 2 – Всхожесть и характер прорастания свежесобранных семян в культуре и природе

Вид	МС	Период, дни		Процент проросших семян, день				ЛВ, %	ГП
		до прорастания	прорастание	3-й	5-й	7-й	10-й		
<i>Goniolimon speciosum</i>	п	2	5	14.0±2*	49.0±2*	51±2*	-	50.3±1	II
	к	2	12	1.5±1	13.5±1	41.5±1	54±2	58.8±1*	II
<i>Lilium pensylvanicum</i>	п	7	18	0	0	0	39.3±1	89.3±1	IV
	к	5	11	0	0	56.5±1*	95.5±1*	99.8±0.3*	IV
<i>Aconitum barbatum</i>	п	7	34	0	0	0	1.5±1	17.0±0,4	IIIА
	к	7	30	0	0	0	1±1	28.3±1*	IIIА

* – Средние значения статистически различимы при $p \leq 0.05$ по t - критерию Стьюдента, n=4

В большей степени могут меняться морфологические характеристики семян (табл. 3). Семена, сформировавшиеся в естественных условиях произрастания, отличаются от интродуцентов более мелкими размерами и низкой массой 1000 семян.

Таблица 3 – Морфометрические показатели семян культуры и природы

Вид	Показатели					
	Масса 1000 семян, мг		Длина, мм		Ширина, мм	
	Природа	Культура	Природа	Культура	Природа	Культура
<i>Goniolimon speciosum</i>	1380±5	1420±20	2.68±0.02	0.70±0.01	2.76±0.02*	0.75±0.01*
<i>Lilium pensylvanicum</i>	5080±600	7660±90*	5.72±0.10	9.76±0.09*	3.94±0.09	7.63±0.10*
<i>Aconitum barbatum</i>	1480±20	1700±7*	2.50±0.06	1.70±0.05	2.90±0.03*	1.90±0.03*

* – Средние значения статистически различимы при $p \leq 0,05$ по t - критерию Стьюдента, n=30

ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОСАДКОВ НА МОРФОЛОГИЮ, ВСХОЖЕСТЬ И ХАРАКТЕР ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ТРАВЯНИСТЫХ ДИКОРОСОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

5.1 Зависимость всхожести и характера прорастания семян некоторых растений Центральной Якутии от температуры

Нами изучены температурные условия прорастания семян 20 видов травянистых растений из разных фитоценозов (степных – 3, лесных – 11, луговых - 4, и прибрежно-водных – 2) (табл. 4). Семена до проращивания хранились при комнатной температуре в течение 5-6 месяцев. Для выяснения влияния температурного фактора на всхожесть и характер прорастания семян, их подвергали действию постоянной температуры при 5, 10, 20, 25, 30, 35°C в течение месяца, при этом другие факторы: влажность 60%, аэрация и свет (16 ч. на свету, 8 ч. в темноте) были постоянными.

Таблица 4 – Всхожесть и средневзвешенное значение прорастания (T_{cp}) семян

Показатели	Температурные режимы, t°C					
	5	10	20	25	30	35
<i>Goniolimon speciosum</i>						
ЛВ, %	24±0.4 а	73±0.4 б	89.2±0.3 в	78±0.4 г	89±0.4 в	91±0.5 в
T_{cp} , сутки	25.8±7.5 а	8.9±3.2б	3.2±1.8в	4.5±2.1 в	3.2±1.8 в	2.03±1.5 в
<i>Rumex aquaticus</i>						
ЛВ, %	0	5±0.4а	44±0.8 б	20±0.8в	24±0.4 в	46±0.8б
T_{cp} , сутки	0	11.6±4.0а	7.6±2.9 б	5.2±2.4 в	4.3±2.1 в	5.6±2.4б
<i>Solidago dahurica</i>						
ЛВ, %	87±2.5 а	37±0.4 б	56±0.4 в	34±1.1 б	53±1.1в	0
T_{cp} , сутки	20.6±6.2 а	8.6±3.2 б	10.6±3.7 в	13.9±4.5 в	12.5±4.1 в	0

Средние значения с одинаковыми буквенными индексами статистически не различимы при $p \leq 0,008$ по критерию Бонферрони, $n=4$

Семена 8 видов в основном луговые и лесные: *Aconitum kusnezoffii* Reichb., *Actaea erythrocarpa* Fisch., *Adonis sibirica*, *Anemonidium dichotomum* (L.) Holub., *Heraclеum dissectum*, *Iris laevigata*, *Trollius sibiricus* Schipcz., *Thalictrum minus* L. не прорастают при температурах от 5 до 35°C. Температурный диапазон прорастания семян остальных изученных видов широк. Для большинства степных видов он составляет 5 ÷ 35°C, лесных – 10 ÷ 35°C, луговых на примере *Acetosa thyrsoiflora* (Fingerh.) A. et D. Love – 5 ÷ 35°C, для прибрежно-водного вида *Rumex aquaticus* – 10 ÷ 35°C.

По требовательности к теплу в момент прорастания виды распределились на 2 группы: первая группа – семена растений, начинающие прорастать при 5°C. Это степные виды, лесной *Solidago dahurica* Kitag. и луговой *Acetosa thyrsoiflora*. Вторая группа – растения, начинающие прорастать при 10°C – луговые, лесные и прибрежно-водные виды.

Оптимальный температурный режим прорастания семян исследованных степных видов – высокие температуры 20° ÷ 35С°. Для семян лесных растений характерен узкий диапазон - 5°, 10°, 20°, 25° и 20° ÷ 25°С, который различается у разных видов. У луговых растений этот диапазон варьирует от узкого до наиболее широкого - 10÷25° и 25°С. Для прибрежно-водного вида *Rumex aquaticus* – характерны два температурных оптимума прорастания 20° и 35°С. Для большинства видов температура 20°С является оптимальной.

Для семян 4 видов (*Veronica incana* L., *Viola dissecta*, *Solidago dahurica*, *Chelidonium majus* L.) температура прорастания 30°С является максимальной. Для семян 8 видов мы не смогли определить максимальную температуру прорастания, которая, по-видимому, составляет для 6 изученных видов 35°С так как при этой температуре их семена прорастают очень слабо со всхожестью от 1 до 15%. В отличие от них всхожесть семян 2 видов: *Goniolimon speciosum* (L.) Boiss. и *Rumex aquaticus*, при 35°С составляет 92% и 46% и, возможно, эти семена могут прорасти и при 40°С (рис.10). При низких (5°С) и высоких (35°С) температурах у исследуемых видов наблюдается задержка прорастания семян, снижается их всхожесть (рис. 10).

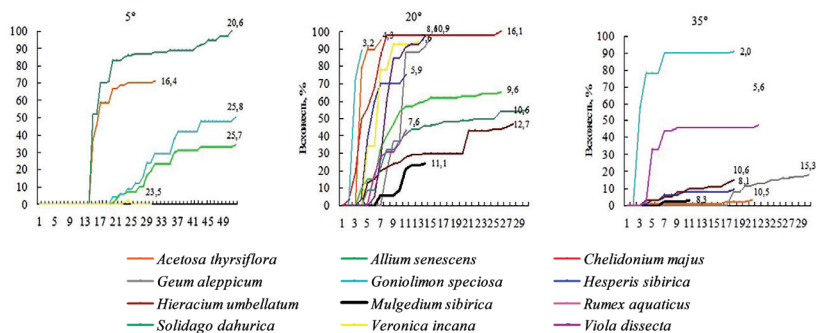


Рисунок 10 – Ход прорастания семян

Примечание: по оси абсцисс – период прорастания, дни; по оси ординат – всхожесть, %

5.2 Влияние температурно-влажностного режима на морфологию, прорастание семян

Изучение влияния температурно-влажностного режима на прорастание и морфологию семян проводились в 2014-2016 гг. на примере 6 видов *Aster alpinus* L., *Allium ramosum* L., *Oxytropis candicans* (Pall.) DC., *Melilotus albus* Medic., *Plantago canescens* Adams, *Rumex aquaticus*. Сбор семян осуществляли на одних и тех же природных участках, не подвергнутых антропогенному воздействию.

На основании значений суммы эффективных температур и количества осадков по годам наблюдений были рассчитаны ГТК четырех месяцев, соответствующих периоду вегетации от момента отрастания растений до созревания семян.

Вегетационный период 2014 г. оценивали, как засушливый ($ГТК_{cp}=0.76$) и наиболее соответствующий среднемноголетним климатическим наблюдениям для Центральной Якутии ($ГТК_{cp}=0.72$), 2015 г. – очень засушливый ($ГТК_{cp}=0.66$), 2016 г. – слабозасушливый ($ГТК_{cp}=1.05$).

Изученные виды различались по всхожести и характеру прорастания: ускоренное прорастание и высокая всхожесть (группа I) характерна для семян *Allium ramosum*, *Aster alpinus* и *Plantago canescens*; затрудненно с низкой всхожестью прорастают (группа III) - *O. candicans*, *M. albus* и *R. aquaticus*. Все исследуемые виды характеризовались порционностью прорастания.

Семена одного и того же вида, собранные в разные годы, кроме *P. canescens*, *O. candicans* отличались по периоду до начала прорастания, процента проросших семян на 7-10 сутки и длительности прорастания. Семена начинали прорастать на 2–4-й день и завершали этот процесс на 12–29-й день. Как видно, из рисунка 11 характер прорастания семян этих видов в разные годы, различающиеся по $ГТК_{cp}$, не изменяется. Некоторые различия наблюдались только в пределах групп прорастания, в основном, по показателю всхожести, который является более лабильным признаком.

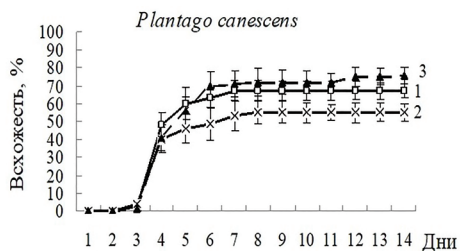


Рисунок 11 – Темпы прорастания и всхожесть семян по годам наблюдений: 1 – 2014 г., 2 – 2015 г., 3 – 2016 г.

Масса и размеры семян, сформировавшихся в различных температурно-влажностных условиях вегетационных сезонов 2014-2016 гг., зависели от них, а также имели видоспецифический характер, очевидно, обусловленный биологическими особенностями вида (табл. 5 и 6). В слабозасушливом 2016 г. были сформированы более развитые семена всех исследуемых видов растений.

Таблица 5 – Средняя масса 1000 семян по годам наблюдений, г

	<i>M. albus</i>	<i>O. candicans</i>	<i>A. alpinus</i>	<i>P. canescens</i>	<i>R. aquaticus</i>	<i>A. ramosum</i>
2014 г.	1.75±0.02a	0.38±0.01a	1.30±0.01a	0.16±0.01a	1.36±0.01a	2.50±0.05a
2015 г.	1.94±0.01b	0.61±0.02b	1.33±0.01b	0.17±0.001a	1.53±0.04b	3.28±0.02b
2016 г.	1.96±0.01b	0.45±0.01c	1.45±0.01c	0.17±0.01a	1.59±0.01c	3.06±0.03c

Средние значения с одинаковыми буквенными индексами статистически не различимы при $p \leq 0.05$.

Таблица 6 – Морфометрические показатели семян по годам наблюдений, мм

	<i>M. albus</i>	<i>O. candicans</i>	<i>A. alpinus</i>	<i>P. canescens</i>	<i>R. aquaticus</i>	<i>A. ramosum</i>
Длина						
2014 г.	2.05±0.04a	1.67±0.03a	2.72±0.05a	1.35±0.01a	1.98±0.05a	2.98±0.04a
2015 г.	1.88±0.03b	1.63±0.03a	2.12±0.04b	1.29±0.05a	2.90±0.05b	2.98±0.04a
2016 г.	2.08±0.03a	1.72±0.02b	2.40±0.05c	1.38±0.01b	3.10±0.04c	3.13±0.05b
Ширина						
2014 г.	1.35±0.02a	1.52±0.02a	1.13±0.03a	0.70±0.01a	0.98±0.02a	1.90±0.04a
2015 г.	1.30±0.02b	1.48±0.02a	0.90±0.03a	0.71±0.01a	1.31±0.04b	2.26±0.04b
2016 г.	1.30±0.03ab	1.60±0.02b	1.10±0.03a	0.72±0.01a	1.52±0.02c	2.15±0.03c

Примечание. Средние значения с одинаковыми буквенными индексами статистически не различимы при $p \leq 0.05$.

ГЛАВА 6. ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ НА ВСХОЖЕСТЬ И ХАРАКТЕР ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ ЯКУТИИ

6.1 Долговечность семян при хранении в лабораторных условиях

Изучение долговечности 50 видов семян при хранении в комнатных условиях позволило сформировать 4 группы по этим показателям: микробиотики – от 1 до 2,5-3 лет (4 вида), мезобиотики 1 – от 3-3,5 до 5,5-6 лет (19 видов), мезобиотики 2 – от 6,5-7 до 8,5 лет (14 видов), мезобиотики 3 – от 9 до 15 лет (2 вида). Подавляющая часть семян являются мезобиотиками.

При рассмотрении фитоценотической приуроченности растений, можно отметить, что группу микробиотиков на 50% составляют семена лесных видов, также они сосредоточены в первой подгруппе мезобиотиков, сохраняющих всхожесть от 3,5 до 5,5 лет, что свидетельствует о недолговечности семян лесных видов. Семена луговых видов равномерно в умеренном количестве представлены в первой и второй подгруппе мезобиотиков. К мезобиотикам также относятся семена степных видов, но они более тяготеют к 2-й и 3-й подгруппам семян, сохраняющих всхожесть дольше. Кроме того, с семенами некоторых степных видов эксперимент еще не закончен, потеря всхожести у них, по-видимому, лежит за пределами 7 - 9,5 лет.

Семенам лесных видов свойственны низкая начальная всхожесть и замедленное прорастание, которое быстро сменяется полной потерей всхожести (*Galatella dahurica* DC., *Zigadenus sibiricus* (L.) A. Gray). Семена большинства луговых растений характеризуются замедленным прорастанием, хотя среди них встречаются семена и с взрывным (*Sanguisorba officinalis* L.), и с быстрым прорастанием (*Tanacetum vulgare* L.). Для подавляющего большинства семян степных растений характерна начальная высокая всхожесть и сохранение её в течение 3–6 лет.

Прорастание в эти годы идет по I типу – взрывное или быстрое, постепенно сменяющееся на замедленное (*Linum komarovii* Juz., *Veronica incana*, *Dianthus versicolor* Fisch. ex Link).

Определена интродукционно–рентабельная долговечность семян (сохранение более 10% от начальной всхожести) у 42 видов. Для большинства изученных видов она составляет 3,5 - 5,5 лет.

6.2 Влияние длительного хранения семян в условиях многолетнемерзлых грунтов на всхожесть и характер их прорастания

В 2006 и 2007 гг. были заложены на хранение в толще многолетней мерзлоты семена семи видов. Семенной материал был упакован в стеклянную, герметически закрытую тару. Влажность семян до закладки составляла от 5,9 до 15,4%.

При комнатной температуре ($23 \pm 1^\circ\text{C}$) семена изученных видов являются мезобиотиками, *Hemerocallis minor* Mill. и *Alopecurus arundinaceus* Poiret полностью теряют всхожесть через 5,5 лет (мезобиотик 1), *Dianthus superbus* L. – 7,5 (мезобиотик 2) и *Festuca komarovii* Křivot. – 10,5 лет (мезобиотик 2). При хранении в толще мерзлоты всхожесть этих семян сохраняется и после 11 лет. Семена не только не потеряли всхожесть за это время, но и сохранили ее на высоком уровне, первые два вида переместились из группы мезобиотиков 1 и 2 в группу мезобиотики 3. Причем значения ее достаточно высоки, сокращается или не изменяется период до начала прорастания, а продолжительность прорастания может в зависимости от вида удлиниться или сократиться (рис. 12).

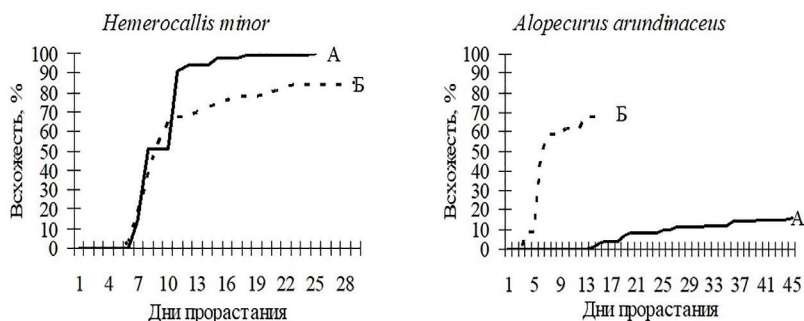


Рисунок 12 – Динамика прорастания семян *Hemerocallis minor* и *Alopecurus arundinaceus*

А – до хранения, *Б* – после 11 лет хранения в толще многолетней мерзлоты

В связи с этим, целесообразно использовать естественный холод круглогодично стабильных температур ($-6 \div -10^\circ\text{C}$) многолетнемерзлых грунтов Центральной Якутии не только с позиций энергосбережения (независимости от внешних источников энергии) и надежности хранения (при различных природных и техногенных катаклизмах), но и в целях более длительного сохранения качества семян без проросов.

ГЛАВА 7. ВСХОЖЕСТЬ И ХАРАКТЕР ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН РЕДКИХ РАСТЕНИЙ ЯКУТИИ

Самым уязвимым звеном биологического разнообразия флоры являются редкие и исчезающие растения. Нами изучены всхожесть и характер прорастания семян 45 редких, исчезающих, и сокращающих численность видов флоры Якутии, из которых 23 вида распространены в Центральной Якутии (Красная книга РС(Я), 2017). Из них 5 подлежат федеральной охране (Красная книга РФ, 2008).

Среди изученных семян 45 таксонов изученных редких растений по всхожести и характеру прорастания свежесобранных семян выделены:

- 21 вид с ускоренным прорастанием семян с отсутствием первичного покоя, с высокой всхожестью;

- 6 видов - характеризующихся замедленным прорастанием семян, прорастающие по типу II группы;

- 18 видов с семенами с нулевой или низкой лабораторной всхожестью, первичным покоем разной длительности и прорастающие после дозревания (III).

Семена с быстрым прорастанием по типу IA и IB, с высокой всхожестью характерны для таксонов, сокращающихся в численности, редкость которых обусловлена не их биологическими особенностями, а внешними факторами. Это семена большинства степных видов - компонентов сокращающихся в результате антропогенного воздействия реликтовых сообществ Центральной Якутии.

Затрудненное прорастание семян некоторых луговых, лесных и прибрежно-водных видов (*Rumex jacutensis* Kom., *Callianthemum isopyroides* DC. Witasek, *Ligularia sibirica* (L.) Cass., *Saussurea pseudoangustifolia* Lipsch. и др.), имеющих небольшие ареалы на территории Якутии, дает основание предполагать, что качество семян является одним из факторов, ограничивающих их более широкое распространение.

Для ряда редких видов подобран температурный режим стратификации для выхода из состояния покоя (см. главу 3). В целом, качество семян редких видов в условиях интродукции дает возможность для воспроизводства растений в целях поддержания коллекционного фонда, а также проведения реинтродукционных мероприятий в природных местообитаниях.

ВЫВОДЫ

1. На основании изучения 182 видов травянистых растений флоры Центральной Якутии разработана классификация прорастания семян. Выделены 3 группы и 8 подгрупп. В основе выделения групп лежит показатель лабораторной всхожести, подгрупп – процент проросших семян на 3-е, 5-е, 7-е, 10-е сутки, период до начала прорастания и продолжительность прорастания.

2. Сухое хранение в течение 5 - 7 месяцев способствует выведению семян многих видов из состояния неглубокого покоя: повышается лабораторная всхожесть, процент проросших семян на 3-5-й, 7-10-е сутки опыта, сокращается период до начала прорастания и период продолжительности прорастания семян.

3. В процессе эволюции у растений разных эколого-фитоценологических групп сложился различный характер прорастания семян, имеющий адаптивное значение:

- семенам влажных местообитаний свойственно затрудненное прорастание, обусловленное покоем, который препятствует несвоевременному их прорастанию;
- семенам растений сухих степных местообитаний свойственны высокая всхожесть и ускоренное прорастание. В условиях длительного водного дефицита формируются семена, готовые к быстрому прорастанию при повышении влажности, что приводит к истощению почвенного запаса семян степных растений после обильных дождей. В связи с этим необходимо обратить особое внимание на охрану уникальных степных сообществ Центральной Якутии.

4. Оптимальный температурный режим прорастания семян большинства растений изученных типов растительности обеспечивается при следующих температурах: для степных растений от 20° до 25-30-35°С, лесных – 5° ÷ 10-25°С, луговых – 10° ÷ 25°С, для прибрежно-водных – 20° ÷ 35°С.

5. Основные характеристики семян видоспецифичны. Характер прорастания семян одного вида, сформировавшихся в различных условиях (в природе и культуре, в разные по гидротермическим условиям годы), существенно не меняется, незначительные различия, обусловленные лабильностью показателя всхожести, не выходят за пределы групп прорастания.

6. Семена большинства изученных видов травянистых растений Центральной Якутии являются мезобиотиками, их интродукционно-рентабельная долговечность составляет от 3,5 до 5,5 лет. При длительном хранении семян снижается не только лабораторная всхожесть семян, но меняется и характер их прорастания. Одним из путей более длительного сохранения качества семян является хранение их с использованием естественного холода круглогодично стабильных температур (-6 ÷ -10°С) многолетнемерзлых грунтов Центральной Якутии. Это целесообразно и с позиций энергосбережения (независимости от внешних источников энергии) и надежности хранения (при различных природных и техногенных катаклизмах).

7. Для видов, сокращающихся в численности (категории 2), редкость которых обусловлена не их биологическими особенностями, а внешними факторами, характерны семена с быстрым прорастанием по типу IA и IB, с высокой всхожестью. Затрудненное прорастание (группа III) семян редких видов, имеющих небольшие ареалы на территории Якутии, дает основание предполагать, что качество семян является одним из факторов, ограничивающих их более широкое распространение.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК РФ:

1. Андросова Д.Н. Прострел желтеющий (*Pulsatilla flavescens* (Zucc.) Jus.) в условиях природы и интродукции на территории Якутского Ботанического сада // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4. – С. 112-116.

2. Андросова Д.Н., Данилова Н.С. Прорастание семян видов сем. Ranunculaceae флоры Якутии // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. № 120. – С. 365-374.

3. Андросова Д.Н., Данилова Н.С., Афанасьева Е.А. Влияние предпосевной обработки семян на всхожесть видов рода *Iris* // Наука и образование. – 2017. №4 (88) – С.109-113.

4. Андросова Д.Н., Данилова Н.С. Биология прорастания семян некоторых видов сем. Asteraceae Dumort // Известия Самарского научного центра РАН. – 2017. – Т. 19, № 2. – С. 104-109.

5. Андросова Д.Н., Данилова Н.С. Биология прорастания семян некоторых видов сем. Rosaceae Juss. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. № 129 (05). – С. 199-207.

В рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus:

1. Filippova G.V., Androsova D.N., Filippov E.V., Prokopen I.A. Influence of temperature and precipitation on the morphology, growth, and stress resistance of seeds of some representatives of northern flora // Russian Journal of Ecology. – 2019. Т. 50. № 6. – С. 517-525. DOI: 10.1134/S1067413619050047.

2. Semenova V.V., Androsova D.N., Danilova N.S. Study of the life cycle of *Thlaspi arvense* L. in Central Yakutia // South of Russia: ecology, development. 2019, vol. 14, no. 2, pp. 180-188. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-180-188.

В прочих изданиях:

1. Андросова Д.Н., Данилова Н.С. Всхожесть и прорастание семян редких растений Якутии // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. – 2018. Т. 26, № 4. – С. 80-88. DOI:10.31242/2618-2018-26-4-80-88.

2. Андросова Д.Н., Данилова Н.С., Борисова С.З. Влияние сроков хранения на всхожесть и характер прорастания семян растений Якутии // Растительные ресурсы. – 2019. – Т. 55, № 3 – С. 353-361. DOI: 10.1134/S003399461903004X.

3. Андросова Д.Н. Типы прорастания семян растений Центральной Якутии // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. – 2019. – Т. 24, №2. – С. 83-94 DOI: 10.31242/2618-9712-2019-24-2-8.

4. Андросова Д.Н. Влияние температуры и осадков на морфологию и прорастание семян некоторых травянистых растений Центральной Якутии // Оценка состояния биоразнообразия: исследование стабильности развития: сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, 29 мая 2019 г., г. Москва, 30-31 мая 2019 г., г. Тула. – Якутск: Электронное издательство НБ РС (Я), 2019. – С. 142-147.

5. Андросова Д.Н., Данилова Н.С. Всхожесть и характер прорастания семян *Papaver jacuticum* Peschkova // Растения в холодных регионах: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Растения в холодных регионах», Якутск, 20-21 октября 2016 г. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2017. – С. 20-23.

6. Androsova D.N., Danilova N.S., Pavlova P.A. Dynamics of seed maturation of Ranunculaceae under climate Change // Climate and permafrost ecosystems: Proceedings of IX-th International Symposium «C/H₂O/energy balance and climate over the boreal and Arctic regions with special emphasis on Eastern Eurasia dedicated to the 25-th anniversary of the joint Russian-Japanese research Nagoya: Nagoya University Publishing House. – 2016. – P. 138.

Андросова Дария Николаевна

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН
ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ ПРИРОДНОЙ ФЛОРЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ
ПРИ ИНТРОДУКЦИИ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Редактор Л. А. Максименко
Компьютерная верстка А. А. Федоровой

ИД 05324 от 09 июля 2001 г. Подписано в печать 19.02.2021
Формат 60×84 1/16. Усл. печ. Л. 1.28. Уч. изд. Л. 1,0. Тираж 125 экз.
Заказ №13

Издательство и типография ФГБУН Институт мерзлотоведения
им. П.И. Мельникова СО РАН.
677010, г. Якутск, ул. Мерзлотная, д. 36, ИМЗ СО РАН.