

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет
физико-математических
и естественных наук

Кафедра
«Общая биология и биохимия»

Направление подготовки 06.04.01 Биология

Магистерская программа Ботаника и физиология растений

Форма обучения очная

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему:

**«ИНТРОДУКЦИОННАЯ ОЦЕНКА ВИДОВ РОДА *PAEONIA* L.
КОЛЛЕКЦИИ ПЕНЗЕНСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА»**

Студент  Порукова Елена Андреевна

Руководитель  Фатюнина Ю.А.

Рецензент  Гущина В.А.

Нормоконтролер  Клыченков С.В.

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от 19.05.23 № 12)

Заведующий кафедрой  Карпова Г.А.

Работа защищена с отметкой отлично
(протокол заседания ГЭК от 21.06.23 № 4)

Секретарь ГЭК  Клыченков С.В.

Пенза, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	5
1.1. Понятие интродукционной оценки.....	5
1.2. Разнообразие шкал для оценки успешности интродукции	11
1.3. Интродукционная оценка пионов.....	23
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ...	33
ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	40
3.1. Изменения состава коллекции пионов за 2021–2023 гг.....	40
3.2. Фенологические наблюдения.....	46
3.3. Особенности формирования и прорастания семян.....	55
3.4. Онтогенез видов рода <i>Paeonia</i> L. в условиях культуры....	61
3.5. Интродукционная оценка видов рода <i>Paeonia</i> L.....	66
ВЫВОДЫ.....	71
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	73

ВВЕДЕНИЕ

Интродукционная оценка видов в условиях культуры – основная задача ботанических садов. Существует много подходов к её решению, как универсальных, подходящих для оценки успешности интродукции видов разных биоморфологических, систематических групп, так и разработанных с учётом особенностей биологии видов разных жизненных форм (травянистых, древесных), систематического положения, отличающихся по особенностям использования человеком (например, декоративных). В настоящее время продолжается поиск подходов, признаков, разработка и усовершенствование оценочных шкал, позволяющих сделать интродукционную оценку более объективной и эффективной. Кроме того, проводится оценка успешности интродукции в разных природно-климатических условиях нашей страны видов, принадлежащих к особенно важным в систематическом, природоохранном, лекарственном значении родов, таких, как *Paeonia* L.

В Пензенском ботаническом саду имени И.И. Спрыгина создана и постоянно расширяется коллекция видов рода *Paeonia* L. В настоящее время ведётся интродукционная работа по 18 видам, 6 из них занесены в Красную книгу России. Таким образом, **цель работы**: дать интродукционную оценку видам рода *Paeonia* L. коллекции Пензенского ботанического сада ПГУ.

Задачи:

1. Проанализировать подходы к оценке успешности интродукции многолетних травянистых растений, выявить наиболее подходящие целям исследования.
2. Освоить методы интродукционной оценки.
3. Выявить изменения, произошедшие в составе коллекции за период с 2021 г. по 2023 г. и установить их возможные причины.
4. Выявить особенности начальных этапов онтогенеза видов рода *Paeonia* L. в культуре и с точки зрения успешности интродукции.

5. Определить особенности сезонного развития видов рода *Paeonia* L. в зависимости от флуктуации погодных условий как фактора успешности интродукции.

6. По комплексу признаков дать интродукционную оценку видам рода видов рода *Paeonia* L.

7. Сформулировать практические рекомендации по введению в культуру видов рода видов рода *Paeonia* L. в условиях Пензенской области.

В этой связи в качестве **объекта нашего исследования** выступили: особи 18 видов пионов.

Предмет исследования: факторы, влияющие на успешность интродукции пионов.

Теоретическая значимость работы: впервые для Пензенской области дана научно-обоснованная оценка успешности интродукции 18 видов рода *Paeonia* L.

Практическая значимость: проведенное нами исследование и его результаты позволили разработать рекомендации по выращиванию пионов в наших природно-климатических условиях.

Апробация. Результаты работы были доложены на заседании Студенческого научного общества «Прикладная ботаника» (10 мая 2023 г.).

Результаты работы **опубликованы:**

Фатюнина Ю. А., Порукова Е. А., Можаяева Г. Ф. Особенности внутреннего строения листа видов рода *Paeonia* L. в условиях культуры// Учёные записки Челябинского отделения Русского ботанического общества. Вып. 5. Челябинск : Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2021. С. 87–93.

Автор работы выражает искреннюю благодарность биологу Пензенского ботанического сада **Галине Фёдоровне Можаяевой** за возможность участия в интродукционной работе, за любезно предоставленные материалы своих многолетних наблюдений; своему научному руководителю **Фатюниной Юлии Александровне** за наставления и критические замечания.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Понятие интродукционной оценки

Интродукция – деятельность человека, направленная на введение в культуру в конкретной местности растений, не существовавших в данном районе ранее, а также культивирование их из местной природы; расширение сознательного человеком ареала [25, 42, 55]. Настоящий процесс не имеет временных границ, однако ограничен в пространстве.

Интродукция растений как наука, в действительности, может считаться феноменом, так как представляет собой совокупность теоретических аспектов ботаники и практической деятельности в области культивирования растений. Настоящий раздел ботаники, несомненно, представляет собой синтетическую отрасль науки [34].

Интродукция растений – самостоятельная отрасль ботаники, предполагающая культивирование нехарактерных для конкретной местности родов, форм, сортов. Кроме того, одной из целей интродукции может считаться поддержание жизнедеятельности и защита находящихся на грани вымирания видов, а также их применение в хозяйственной деятельности.

В.П. Амельченко [9] считает, что интродукция – отрасль ботаники практического характера, задача которой состоит в исследовании приспособленности того или иного вида, контролировании, выборке наиболее важных для практического применения сортов.

А.Н. Куприянов [39, 40] утверждает, что интродукция растений – трудный и многостадийный процесс. Отличительной чертой, конечно же, необходимо считать инновационность и креативность проводимых исследователем экспериментов.

Интродукция, как и любой многоступенчатый процесс, включает в себя некоторое количество этапов. При рассмотрении этапов, в независимости от

творческой инициативы интродуктора, всегда можно выделить одни и те же этапы:

1. Поиск материала для интродукции;
2. Перемещение материала из естественной среды в условия местности, в которой будет производиться процесс интродукции;
3. Эксперимент;
4. Резюмирование результатов;
5. Разработка методик и агротехнического оснащения, подходящих для конкретных видов и конкретных условий;
6. Осуществление практической деятельности, направленной на введение интродуцированных видов в местную культуру, основываясь на опыте предыдущих испытаний.

П.И. Лапин [41] выделяет следующие интродукционные этапы:

1. Изучение материала, его выбор;
2. Перемещение материала в район интродукции;
3. Интродукционное культивирование растений;
4. Обработка результатов интродукции.

К.А. Соболевская в своих научных работах концентрирует внимание исследователей на следующих немаловажных аспектах интродукционного эксперимента:

1. Изучение условий наиболее перспективных районов для интродукции. Выбор района, наиболее подходящего по своим климатическим и географическим условиям для подселения в него будущих интродуцентов. Исследование появления растительного мира, начиная с третичного периода.

2. Выбор растений, подлежащих впоследствии интродукции. Данный процесс необходимо осуществлять в соответствии с учетом филогенетических связей, базирующихся на оценке реликтовой и эндемичной прослойки. Выявление всех положительных возможностей растительности района.

3. Перемещение интродуцентов в район интродукции, изучение растений практическим путем, выявление их экологического статуса.

4. Анализ анатомии и экологии вегетативных (лист) и генеративных (семя) органов. Обнаружение характерных для данного растения отличительных черт: особенности морфологического развития, фенологических ритмов, репродукции, биохимической составляющей. Сравнение полученных данных с данными, полученными в ходе анализа настоящих видов в естественных условиях, составление прогноза результатов интродукции конкретного вида.

5. Создание узкоспециализированных методик, планов, рекомендаций для реализации успешной жизнедеятельности конкретных растений в условиях интродукции [73].

При поступлении организма в нехарактерные для него условия, происходит воздействие на него стрессовых факторов: влияние рельефа, местной флоры и фауны, свойства почвы, грунтовые воды. Для приспособления к источникам стресса у организма вырабатываются специальные приспособления, называемые адаптационными. Такие реакции являются показателем успешного взаимодействия между организмом и внешней средой с целью получения информации.

Акклиматизация – система, состоящая из явлений, влияющих на растительный организм в связи с изменением или появлением абиотических или антропогенных факторов, определенным образом меняющих пути формообразования. Другими словами, это совокупная реакция растительного организма на изменение условий среды или манипуляции человека в процессе интродукции [42].

Акклиматизация подлежит воздействию всевозможных внешних факторов: абиотических, биотических, антропогенных, а также их совокупности. В.И. Некрасов [54] выражает мысль о том, что приспособления на фоне акклиматизации затрагивают не только морфологию и анатомию или физиологию и биохимию, но также и генетику на уровне

популяции. Образование новых форм происходит под влиянием искусственного отбора, так как он является ключевым звеном в поддержании жизнедеятельности наиболее оптимизированных особей.

Микроэволюция как одно из свойств акклиматизации в популяции объясняется Н.В. Тимофеевым-Ресовским следующим образом: данный процесс происходит под воздействием изоляции и отбора [77].

А.Н. Куприянов [39, 40] обращает внимание на то, что акклиматизация несет в себе не только экологическое свойство, но отчетливо влияет на генетическую ситуацию в популяции. Он разделяет процесс акклиматизации на два уровня, отличных друг от друга на фоне разности во времени и механизмах:

1. Изменение отдельной особи или группы особей за счет внешних условий;
2. Генетические изменения на уровне целой популяции.

Е.А. Елисафенко [29] утверждает: акклиматизация – совокупность проявляемых под действием генотипа характеристик; это явление, свойственное подверженным внешним стрессовым проявлениям реакциям, которые влекут за собой изменения параметров метаболизма.

Адаптация – процесс образования комплекса защиты, обусловленный генетическими изменениями. Такой комплекс положительно влияет на жизнедеятельность организма, а также его способность противостоять внешним неблагоприятным факторам. Помимо прочего, такая система влияет непосредственно на онтогенетическую составляющую жизненного цикла растительного организма [38].

По представлению И.Ю. Усманова [82], адаптация представляет собой сумму реакций, выражающихся в морфологическом, физиологическом, биохимическом приспособлении организма. Данные параметры позволяют организму оставаться в живых, несмотря на воздействие тех или иных внешних характеристик.

Адаптация является одним из наиболее ценных для жизни организма инструментом, так как именно адаптация главным образом играет роль повышающего противоустойчивость организма явления. Растения, обладающие высоким уровнем приспособительной пластичности, имеют наиболее широкую норму реакции, и, в связи с этим, наилучшую устойчивость [59].

Процесс адаптации принято разделять на два этапа:

1. Быстрый первичный ответ;
2. Образование новых полимерных органических соединений системы стресса, под влиянием которых преобразуется обмен веществ.

Процесс адаптации не происходит размеренно. Порядок процесса адаптации происходит под действием большого количества внешних воздействий. Наиболее влиятельное условие – наличие времени, которое организм затрачивает на формирование ответной реакции. В зависимости от этого выделяют несколько стратегий адаптации:

1. Эволюционная стратегия. Такие адаптации формируются на базе генетических мутаций и являются наследуемыми. Эти адаптации проявляют свое действие как в условиях стресса, так и условиях оптимального режима деятельности растения. Образование инструмента защиты существует на генетическом уровне и «включается» при внезапных изменениях внешних условий. Основой такого механизма служит экспрессия генов.

2. Онтогенетическая стратегия. Адаптации настоящего типа проявляются у отдельной особи длительное время и не передаются потомкам. Они оказывают положительное влияние на способности индивида к выживанию.

3. Срочная стратегия. Адаптации данного характера проявляются под действием краткосрочных и глубоких преобразованиях внешней среды [38].

Также адаптации приятно делить на группы по степени проявления и влияния на фактор стресса:

1. Активные адаптации. Их основу представляет образование ферментов с новыми характеристиками, либо формирование абсолютно новых белков, которые будут формировать защиту и выравнивать метаболизм.

2. Пассивные адаптации. Такие адаптации предполагают совместное существование со стресс-фактором.

Большинство растений для борьбы с внешними неблагоприятными факторами использует как активные, так и пассивные адаптации. Например, в случае появления высокой температуры воздуха растение стремится понизить температуру собственных внутренних систем. Совокупность и активной и пассивной адаптаций приводит к наилучшей форме проявления устойчивости растения.

J.P. Grime [3] утверждал, что существуют так же и другие адаптационные стратегии:

1. Конкурентная;
2. Толерантная к стрессу;
3. Рудеральная.

М.Г. Половникова [59] делает вывод по результатам своих исследований: адаптационные инструменты защиты главным образом должны реализовать программу, сформированную на одном из этапов онтогенеза, в случае появления факторов стресса. Исследования М.Г. Половниковой проводились в условиях нарушения внешней естественной среды путем антропогенного вмешательства, что, в свою очередь, привело к изменению листьев растений (проявление усиленной ксероморфности), укорачиванию побегов, а также развитию меньшего их количества.

Для поддержания постоянства процессов жизнедеятельности растительных организмов принято применять компоненты, необходимые для этих процессов по принципу избыточности и гетерогенности. Если рассматривать эти принципы на примере популяции, то здесь они будут

проявляться в виде огромного количества особей, обладающих различной устойчивостью по отношению к исследуемому фактору.

Устойчивость – явление, при котором растение может претерпевать отрицательные воздействия внешней среды и при этом не изменять гомеостаз, а также воспроизводить свой жизненный цикл и формировать потомство. Устойчивость представляет собой итог процесса адаптации [59].

1.2. Разнообразие шкал для оценки успешности интродукции

Успешный процесс интродукции напрямую зависит от выбора наиболее перспективных видов. Корреляция высокоперспективных особей и местности, в которой они подлежат культивированию, можно проследить на примере климатических условий того или иного региона. Выбранные для испытаний в области интродукции при помощи определенных критериев виды выращиваются с учетом приемов, разработанных на основе полученных результатов. Дальнейшие этапы эксперимента строятся на изучении последующих поколений растений, выращенных в местном регионе. Как правило, такие особи характеризуются наиболее высокими возможностями адаптации.

Объект интродукционных исследований представляет собой семена или гаметы, извлеченные учеными из природной, либо же интродуцированной популяции. Такие образцы, как правило, ограничивают множество опытов и исследований за счет узкого генотипического набора.

Интродукционный прогноз, основанный на принципе системного подхода, может включать в себя результаты оценки интродукции. Системный подход (анализ) – стратегия научного описки, которая является незаменимой для наиболее полноценного прогнозирования. Прогнозирование в области интродукции можно представить в двух проекциях: во-первых, оно тесно связано с естественным местом произрастания той или иной популяции; во-вторых, оно рассматривается в интродуцированной местности и

предполагает дальнейшее протекание процесса интродукции. Научное прогнозирование дает исследователю возможность сэкономить как физические, так и моральные ресурсы [16].

На данный момент прогнозирование может быть представлено в трех видах: экстраполирование, интерполирование, моделирование. И.Е. Булах предполагает, что условия, в которые попадает растительный организм при попытке его перемещения из естественного местообитания, могут оказаться стрессовыми для особи. Кроме того, экстремальными могут оказаться не только климатические, антропогенные или же фитоценотические условия, но также и изменения условий среды в течение дня. Все эти изменения влияют на попавший в новые условия растительный организм и не могут привести к повышению растением уровня адаптации [16].

Понятие успешности интродукции растений является системой, состоящей из отдельных факторов. К таким факторам можно отнести распространение на местности; особенности взаимоотношений растения с фитоценозом, животными данной местности и влияние на растение абиотических оставляющих; жизненную форму; морфологическое разнообразие внутри вида.

В случае схожести эколого-географических условий при переселении растительного организма из места его естественного произрастания в среду, подлежащую агротехнической обработке, исследователь может пронаблюдать успешность интродукции. Некоторые ученые, исследующие вопросы интродукции, прослеживают взаимосвязь между успешной интродукцией и размерами ареала, в котором проживает вид. Например, Н.А. Базилевская [13] поделила виды, располагающиеся на обширных ареалах на две группы: растения, относящиеся к первой группе, практически не отличаются друг от друга, другими словами, такие растения отличаются однообразием; вторая группа представляет собой морфологически отличные особи одного вида, то есть вид, включающий в себя несколько рас. По мнению интродуктора, первая группа приспосабливается к новым условиям

гораздо легче, нежели вторая. Растительность, относящаяся ко второй группе, может приспособиться, но положительный результат будет достигнут не всеми расами.

По мнению В.И. Некрасова [54], немаловажным фактором является размер популяции: крупные популяции более стабильны по сравнению с небольшими. Так же он обратил внимание на тот факт, что важным аспектом в процессе интродукции являются способы размножения растительных организмов, агротехническое оснащение и приемы, а так же растения, служащие материалом для получения образцов.

Б.Н. Головкин отметил значение принадлежности растения к той или иной ботанико-географической зоне. Так же значимыми оказались принадлежность к экологической группе и жизненные формы растений [26].

Исследования Б.Н. Головкина заключались в следующем: территория Крайнего Севера была разделена на районы. Районы были выделены по определенному принципу. Растительность одного района резко отличалась от растительности другого района: растения, произраставшие в первом, стали интродуцентами для второго. Интродукционный коэффициент – это отношение баллов, полученных видом, подлежащим интродукции, к баллам, определявшим среднее значение всех видов, участвовавших в исследовании. Наиболее высокий коэффициент интродукции получили виды, обладающие высокой экологической толерантностью, а также растения-космополиты. Также важно отметить факт того, что двудольные растения оказались более адаптивными, чем однодольные [25].

Изучение интродуцентов Мурманской области Б.И. Головкиным показало превосходства растений, обладающих корневищами. Также влияние на адаптивность растений оказало наличие той или иной жизненной формы. Так, например, розеточные гемикриптофиты обладают лучшей по сравнению с другими формами предрасположенностью к интродукции, так как даже при наличии непродолжительно периода вегетации растения не теряют

способности к цветению и плодоношению за счет ди- и полициклического произрастания побегов.

В.Н. Флоря предполагает, что интродукция проходит легче в том случае, если растение обладает высокой распространенностью, и, как следствие, адаптивностью. Также, чем выше граница адаптивного диапазона, тем выше успех интродукции [86].

Е.В. Тюрина отметила, что высокая экологическая пластичность и широкая экологическая вариабельность характеризуют растения, наиболее подходящие выборке в качестве исходного материала для интродукционных целей. Более взрослые (генеративные, сенильные) растения отличаются большей устойчивостью по отношению как к биотическим, так и абиотическим факторам, однако пластичность наиболее высока лишь на ранних этапах жизни растительного организма [79, 80]. Касаемо растений с низкой экологической валентностью, Е.В. Тюрина придерживается мнения: такие виды не несут большого значения для интродукторов, так как нуждаются в специальных поддерживаемых условиях [16].

Г.Н. Андрееву удалось установить, что виды, подвергавшиеся неблагоприятным воздействиям на протяжении длительного времени, на современном этапе развития гораздо успешнее могут быть интродуцированы. Так происходит с растительностью степной зоны: эти растения гораздо более перспективны для интродукции, нежели растения широколиственных лесов, не подвергавшиеся воздействию стрессовых факторов. Данные исследования производились в г. Апатиты [10].

К.А. Соболевская, при изучении растительности Алтайского края, отметила, что растения, нормально существующие в условиях недостатка влаги, а также на каменистых субстратах, несут наибольшее значение для интродукции, так как эволюционно происходят от предков, живших в экстремальных холодных и сухих условиях третичного периода [73].

Р.А. Карпиносова указывает, что происхождение и эволюционное развитие растения в тех или иных условиях говорит о современном облике и

устойчивости к различного рода стрессам. Так же она составила характеристику образцового инродуцента: довольно развитый вид; распространен на Восточно-Европейской равнине, либо на Дальнем Востоке; обязательным является наличие корневищ; листья незимующие [33].

Исследования в области интродукции, как и любой эксперимент или опыт, включают в себя этап завершения. Главной целью данного этапа является выборка видов, удовлетворяющих исследователя по необходимым ему параметрам. Таким образом, интродуктор отбирает наиболее высокоперспективный материал.

Основой для оценки интродукции служит совокупность биологических и хозяйственных признаков. Данный комплекс является показателем биологической продуктивности, репродукции, периода вегетации, способности к конкуренции, выносливости перед факторами живой и неживой среды [26, 43, 90].

Методика Е.В. Вульфа [21] базируется на способности того или иного вида давать потомство, а также на их возможности к независимому от каких-либо факторов расселению. Успешность интродукции, по его мнению, может включать в себя шкалу, состоящую из четырех ступней.

I ступень представляет собой следующую структуру: совершается полный цикл развития растений; растения дают потомство, способное к жизни; становятся дикими.

II ступень схожа с первой: совершается полный цикл развития растений; растения дают потомство, способное к жизни; далее растительные организмы рассеиваются вне зависимости от посторонних факторов на территории, культивируемой человеком.

III ступень включает в себя первые два пункта предыдущих ступеней, однако заключительным этапом будет неспособность растений дать самосев.

IV ступень кардинально отличается от предыдущих. Здесь растения образуют корень, беги и листья; цветения не происходит, следовательно, плоды так же не образуются, что приводит к тому, что не возникают семена.

Методикой С.Я. Соколова отмечается возможность растения противостоять неблагоприятным внешним факторам в зимний период [74].

Н.А. Базилевская [13] создала шкалу, состоящую из 10 ступеней, однако первые три ступени схожи со ступенями, предложенными Е.В. Вульфом.

IV – растения хорошо зимуют, цветут, но не дают всхожих семян или не плодоносят и размножаются только вегетативно;

V – растения хорошо зимуют, но не цветут;

VI – растения летом хорошо растут, дают всхожие семена, но зимой подмерзают;

VII – растения летом хорошо растут, дают всхожие семена, но зимой вымерзают;

VIII - растения однолетние, для образования семян требуют выращивания рассады в парниках;

IX – растения однолетние, но не дают семян даже при рассадном выращивании;

X – растения на открытом грунте не удаются.

Методика Н.А. Аврорина [7] опирается на репродукционные характеристики вида: способность к образованию плода, периодичность этого процесса, ритмичность процессов, способствующих развитию растения. Однако, при использовании этой методики исследователь может отнести к одной группе как растения, в большей степени размножающиеся вегетативным путем, так и растения, не обладающие высокой перспективой для интродукции. Немаловажную позицию в методике занимают факторы, обуславливающие изменение климата для интродуцентов в связи с попаданием в новые условия. Н.А. Аврорин выделяет три группы растений, основываясь на стабильности процессов вегетации и покоя.

1. Устойчивое цветение. Растения, относящиеся к данной группе, начинают и оканчивают цвести примерно в одно и то же время ежегодно, смещение временного отрезка зависит от внешних условий, связанных с

ранним или поздним фактическим наступлением того или иного времени года. К этой группе относятся растения, произрастающие в естественной для них среде, либо растения, адаптировавшиеся к новым конкретным условиям.

2. Последовательно запаздывающее или последовательно опережающее цветение. Стабилизации процесса цветения предшествует адаптация к новой среде, выраженная в изменениях в темпах качественного изменения.

3. Мечущееся цветение. К этой группе относятся растения, условия естественной среды которых далеки от условий, характерных для местности, в которой будут производиться интродукционные исследования.

В последующих исследованиях Н.А. Аврорин [7] выделяет тот факт, что эффективность интродукционных работ имеет свойство выражаться в различных проявлениях. К таким проявлениям относятся: способность растения адаптироваться к зиме, устойчивость к заморозкам или отсутствию влажности, регулярность цветения.

П.И. Лапин и С.В. Сиднева [43, 44] предположили, что эффективность интродукционного процесса определяется комплементарностью между началом и окончанием цветения и изменениями климатических условий в связи с изменениями сезона года. Отличительной чертой данной методики является принятие во внимание таких характеристик, как: способность растения противостоять факторам неживой природы, параметры репродукции. Данная методика включает в состав оценивания 7-балльную систему, основой которой является шкала, состоящая из 6 ступеней. Настоящий метод предполагает оценивание древесных растений, подлежащих интродукции. Позднее метод был усовершенствован, разработка принадлежит Т.Н. Встовской [20] и Л.С. Плотниковой [58].

Методика, построенная на поддержании одной жизненной формы вне зависимости от внешних условий, а также на темпах качественных преобразований растительных организмов принадлежит Т.В. Шулькиной [90]. Она упоминает закон последовательного зацветания видов, гласящий, что цветение растений годично повторяется, однако при

детальном рассмотрении настоящего процесса у растений, доступных действию интродукции, можно отметить факт нерегулярности данного процесса. Метод оценки основан на процентном соотношении диапазона проявления фенологического цикла.

Однако, данная методика имеет ряд минусов. К ним относятся: наличие среди растений видов, листья которых не подвергаются воздействию отрицательных температур; процесс образования цветков может запаздывать лишь на небольшие сроки, вне зависимости от того, произошло отмирание зимующих частей растения, или нет.

Т.М. Мазуренко и А.П. Хохряков [45] в основу методики вкладывают идею репродуцирования посредством вегетативных органов. Их шкала включает в свою основу следующие параметры:

I. Простые монофиты – такие организмы не имеют возможности к бесполому размножению без влияния антропогенного фактора;

II. Партикулирующие монофиты (образуют систему боковых и придаточных укореняющихся побегов; система первичной оси отмирает на поздних этапах онтогенеза, и растение партикулирует): приподнимающиеся, простертые;

III. Полифиты (система первичной оси отмирает на ранних этапах онтогенеза и заменяется системой более или менее обильных боковых и придаточных укореняющихся побегов): дернинообразующие (кистекарневые многолетники, клубнелуковичные, дерновинные злаки и др.); куртинообразующие (многие стланики, короткокорневишные кустарники и кустарнички, короткокорневишные многолетники); расползающиеся (столонообразующие многолетники, длиннокорневишные кустарники, корнеотпрысковые кустарники и др.);

IV. Вегетативно рассеивающиеся (растения с неспециализированными и специализированными органами вегетативного размножения, в том числе корневищами, корнями и др., преимущественно травянистые многолетники).

Основной критерий разработанной настоящими исследователями шкалы предполагает аналитические данные, в основе которых лежит как половое размножение семенами, так и бесполое посредством вегетативных органов. Для данной методики существует четырехступенчатая шкала:

1. растения не имеют предрасположенности к размножению;
2. размножаются только на обработанных человеком месторасположениях;
3. растения, размножающиеся в условиях культурного ландшафта при ослабленной конкуренции со стороны дикорастущей флоры (обочины дорог, пустыри, залежи и др.);
4. абсолютно дикие растения.

К.А. Соболевской [73] разработан рейтинг на основе стабильности по отношению к почве, способности образовывать плоды:

1. Устойчивы и дают самосев – 5 баллов.
2. Устойчивы, плодоносят, самосева нет – 4 балла.
3. Цветут, плодоносят, но неустойчивы – 3 балла.
4. Неустойчивы, плодоносят нерегулярно – 2 балла.
5. Низкий коэффициент приживаемости – 1 балл.
6. Отрицательный результат интродукции – 0 баллов.

Б.Н. Головкиным [26] разработан рейтинг, состоящий из 12 единиц, в котором ключевым критерием является наличие у растительных организмов высокостабильного образования цветков и плодов:

1. Растения находятся в состоянии вегетативного периода, временной отрезок данного явления – один год;
2. Вегетативный этап длится около двух лет;
3. Образование цветков происходило единожды;
4. Образование цветков происходило единожды, особь сохраняет способность к существованию 2–3 года;
5. Образование цветков и плодов однажды за весь период жизни растения;

6. Образование цветков нестабильно из года в год, плоды не образуются;
7. Образование цветков нестабильно, формирование плодов замечено один раз;
8. Образование как цветков, так и плодов нестабильно;
9. Стабильное формирование цветков каждый год, плодов нет;
10. Стабильное формирование цветков каждый год, плоды образовались один раз;
11. Постоянное появление цветков, плоды нерегулярны;
12. Ежегодное формирование и цветков, и плодов.

Минусом данной методики является наличие огромное количество критериев, которые необходимо учитывать при такой оценке успешности адаптации растений в новых условиях. Данный отрицательный фактор скажется на работе интродуктора не в положительном направлении: учет совокупности всех критериев предполагает затрату неимоверного числа средств и материалов. При этом необходимо помнить, что временные рамки явно ограничены: жизненный цикл растения крайне сильно зависит от внешних условий.

Р.А. Карпиносова подготовила рейтинг, основанный на результатах пяти факторов, при этом каждый фактор рассматривается в контексте трех баллов. Исследователи часто прибегают к использованию именно этой методики. Однако, несмотря на востребованность настоящего метода, исследователи прибегают к доработке, а именно к добавлению тех или иных единиц, необходимых для более точного научного анализа [33].

Н.В. Трулевич [78] является автором методики, наиболее значимыми условиями которой являются способность вида противостоять комплексу условий в районе аграрной местности. Важными показателями также являются темпы качественных изменений в зависимости от сезона года, склонность к полному воспроизведению жизненного цикла, способности к

воспроизведению потомства. Методика основана на анализе пятилетних наблюдений за растением. Методика включает в состав четыре ступени:

I – неустойчивые растения – наблюдается частая гибель на ранних сроках жизни, из года в год состояние растения ухудшается.

II – слабоустойчивые растения – слабая устойчивость к факторам внешней среды, процессы жизнедеятельности нерегулярного характера.

III – устойчивые растения – устойчивы к различного характера изменениям условий среды, жизнедеятельностные процессы абсолютно не нарушены. Такие растения отлично размножаются, однако процесс образования потомства неосуществим без вмешательства человека. Жизненная форма таких особей не имеет тенденции к изменению из поколения в поколение.

IV – высокоустойчивые растения – темпы процессов жизнедеятельности таких растений весьма постоянны, не имеют свойств уклоняться от нормы. Однако, при сравнении особей, находящихся в естественной среде, с особями, подверженными интродукции, можно заметить некоторое несоответствие временных рамок. Несмотря на некие различия в датах ритмизации процессов, конкретных разнящихся признаков порой можно не рассмотреть вовсе: репродукция, жизненные формы, а также количественные характеристики не уступают тем же в естественных условиях. Растения настоящей группы активно образуют цветки и плоды, что приводит к обсеменению грунта, следовательно, можно отметить, что в положительной динамике происходит возобновление особей без вмешательства человека или других факторов.

Данная методика не была выбрана для исследования области нашего исследования в связи с тем, что имеет ряд несоответствий. Например, виды, естественными условиями для которых является высокогорье, и продолжительность жизни которых по некоторым данным может составлять от 50 до 60 лет, преобразуются в растения, диапазон времени жизни которых составляет от 3 до 5 лет, таким образом, из долгоживущих они

перевоплощаются в малолетники. Несмотря на то, что автор дала комментарии этому факту, оправдывая это явление тем, что растение сполна использовало все свои ресурсы в кратчайший срок, данная методика не была применена в процессе исследования, хоть и считается достаточно краткой и содержательной.

Рейтинг, складывающийся из ста баллов, включенных в шесть показателей (зимостойкость, устойчивость к болезням и вредителям, общее состояние, способы размножения в культуре, цветение и плодоношение), был предложен А.Н. Куприяновым [39]. Благодаря оценочному рейтингу А.Н. Куприянова ботанический сад г. Караганды выявил наиболее предрасположенные к интродукционным манипуляциям виды растений. Оценив около трех сотен видов, ученые данного ботанического сада определили наиболее высокоперспективные семейства. Наивысшие баллы получали растения лугово-степных сообществ, а к абсолютно безуспешным видам отнесли растения группы мезофитов и петрофитов.

В.А. Медведев, А.А. Ильенко [47] при оценивании интродунцентов учитывают отличительные черты регионов, а также наличие лимитирующих факторов. Оценивание процесса интродукции включает в себя два этапа:

1. Оценивание отдельных фаз постэмбрионального развития растений;
2. Оценивание заключительной стадии жизни особи.

Данная методика считается несовершенной, так как не учитывает любые проявления способности растения противостоять влиянию внешних факторов. В данном случае устойчивость представляет собой внутренние характеристики организма, что, безусловно, является одним из наиболее важных факторов при оценивании итродуцента. Устойчивость вида дает интродуктору понимание того, по какому пути пойдет процесс сознательного расселения особей в тот или иной район: будет ли процесс успешным, или же вид абсолютно не подлежит данным манипуляциям. Второй вариант развития событий говорит лишь о том, что имеющаяся у исследователей энергия и материальные ресурсы были потрачены напрасно.

В.В. Баканова [14] развила собственную методику оценивания высокоперспективности вида для заселения вида на необходимые интродуктору местности. Данной оценке подлежат травянистые многолетние растения. Как считает В.В. Баканова, наиболее эффективным фактором оценивания успешности интродукции можно считать предрасположенность растений к свободному рассеиванию и расселению. Такие растения стабильны ко внешним условиям, обладают высокой продолжительностью жизни.

Данная методика является наиболее точной, так как учитывает такие факторы, как: наличие и развитие корня и побега, способность растения образовывать цветки и плоды, способность выдерживать условия излишней засухи и морозов, способность к самостоятельному рассеиванию семян. Эти критерии, несомненно, являются одними из наиболее важных факторов, так как показывают целостную картину адаптации растений в конкретных условиях. Наиболее устойчивые растения проявляют положительные результаты по каждому из заданных параметров, наименее устойчивые отвечают только одному критерию. Правильное выполнение фенологических наблюдений может не только подробно представить исследователю эффективность интродукционного процесса, но также и сберечь прилагаемые ресурсы. Методика предполагает ежегодные наблюдения за травянистыми многолетниками, что может превосходно реализоваться в условиях ботанических садов.

1.3. Интродукционная оценка пионов

Род *Paeonia* L. (пион) относительно недавно был выделен в отдельное семейство *Paeoniaceae*. По некоторым данным он включает в состав 25 видов [4, 56], однако другие ученые утверждают, что род включает порядка сорока видов [83]. Также существуют источники, утверждающие, что род состоит из 36 видов [5, 60].

На территории России можно встретить 12 видов растений [56, 88], 7 из которых ученые занесли в Красную книгу РФ [37].

Занесение некоторых видов рода *Paeonia* в Красную книгу РФ связано с множеством различных полезных свойств данного растения. Особи выполняют функции не только декоративности [31], но так же и являются отличными медоносами. Растения обладают лекарственными свойствами: надземные и подземные части растения входят в состав множества аптечных препаратов, использующихся при бессоннице и неврозах. Кроме того растения пользуются популярностью в народной медицине: вегетативные органы растения потребляются при заболеваниях неврологического характера, а также при проблемах с ЖКТ. Лекарственные свойства растений доказываются тем, что вегетативные органы содержат достаточное количество эфирных масел, дубильных веществ, флавоноидов, алколоидов, различных органических кислот, которые оказывают положительное воздействие на организм [12, 24, 53, 57, 62, 64].

В Европе отдельные виды рода *Paeonia* является частью местного врачебного дела в течение двух тысяч лет. Одним из наиболее эффективных растений в этом деле считается *Paeonia officinalis* L. Данный вид помогает при эпилептических приступах, при патологиях гинекологического характера, а также как мочегонное, психолептик, спазмолитик. Вегетативные органы растения так же применяют при варикозе, геморрое, при спазмах мышц и кишечника. Настойки и вытяжки успешны для борьбы с повышенным давлением, с язвами, с повреждениями печени. Подземная часть растения насчитывает в составе соединения белков, углеводов, эфирные масла, стероиды [1, 2].

Помимо лекарственных свойств, пионы обладают специфическими тонизирующими и вкусовыми свойствами, активно используются при производстве питьевых ароматизированных жидкостей в России и Монголии. В России напитки известны под названием «Байкал». На данном этапе

исследуемым является вопрос об использовании сырья при производстве пищевых продуктов [28, 30].

Большая часть видов представляет собой травянистые растения, многолетники, поликарпики. Кустарниками и полукустарниками представлены 4 вида, расположенные на территории Китая. Хромосомный набор диплоидный и тетраплоидный [27].

Виды рода *Paeonia* отличаются особенностями этапа развития зародыша. Такой этап получил название *Paeoniad*-тип. Настоящий тип развития зародыша отличается неоконченностью: зародыш, образовавшийся от слияния половых клеток, не проходит этапы, характерные для зародышей других Покрытосеменных. Так же отличительной чертой является наличие полиэмбрионии: одна зигота в результате кливажа разделяется на четыре части, таким образом, образуется сразу несколько зародышей. В генеративном органе растения, а именно семени, можно пронаблюдать некую закономерность: как правило, там встречаются зародыши сразу двух типов. Первый тип – половой зародыш – не дифференцирован на отдельные органы, развивается не полностью. Остановка развития связана с образованием соматического зародыша. В семени, характеризующимся зрелостью, присутствует только соматический зародыш. Такой зародыш характеризуется дифференцированностью органов, развитием по типу *Astrad* [15].

Впервые травянистые и кустарниковые пионы проявились в Китае, там же и были выведены первые сорта. На данный момент существует более пятисот сортов рода. Крупнейшая коллекция пионов принадлежит Пекинскому ботаническому саду. В России же наибольшее число сортов находится в ботаническом саду при МГУ [27, 85].

В первой половине восьмого века первые декоративные сорта появились в Японии. Ранее здесь пионы были используемы только в медицине. Промежуток времени с XVII по XIX века сорта были распространены по различным уголкам мира: коллекции появились в

Англии, Франции, Голландии, России. Сортовые травянистые пионы впервые появились на базе *P. lactiflora* [27].

В Америке первые сорта оказались только в XIX в. [6]. В Россию сортовые пионы впервые были завезены в XVIII веке. В середине XX века в ботанических садах получило начало формирование первых коллекций: сорта, привезенные из Англии, Франции, Америки были распространены по различным ботаническим садам [17].

Сорта были поделены в соответствии с родительскими видами. На сегодняшний день существует пять групп:

I. Lactiflora Group. Группа представлена сортами, созданными на базе *P. lactiflora*.

II. Herbaceous Hybrid Group. Травянистые гибриды. Группа представлена сортами, созданными на базе: *P. lactiflora*, *P. officinalis*, *P. mlokosewitschii*, *P. peregrina*, *P. tenuifolia*, *P. wittmanniana*.

III. Suffruticosa Group. Кустарниковые гибриды. Группа представлена сортами, созданными на базе *P. suffruticosa* Andrews.

IV. Lutea Hybrid Group. Лютеа-гибриды. Группа представлена сортами, созданными на базе *P. lutea* Delavay ex Franch. и *P. suffruticosa*.

V. Itoh Group and Intersectionals. Ито и Межсекционные гибриды.

Травянистые пионы могут включать различные типы цветков: немахровый; японский; анемовидный; полумахровый; махровый.

Различные виды пиона включены в коллекции ботанических садов России: *P. anomala* произрастает в Горно-Алтайске, Новосибирске, Барнауле, Томске, Абакане, Кемерово, Якутске; *P. hybrida* – в Кемерово, Томске, Новосибирске; *P. lactiflora* – в Новосибирске, Барнауле, Томске, Якутске [11, 18, 19, 32, 36, 46, 49, 50, 51, 52, 63, 67, 65, 66, 76, 84, 87].

Виды рода *Paeonia* разделены на несколько групп относительно географического положения: средиземноморский (*P. peregrina*), европейский (*P. officinalis*, *P. tenuifolia*), евроазиатский (преимущественно сибирский)

(*P. anomala*), азиатский (*P. hybrida*), восточноазиатский (*P. lactiflora*, *P. obovata*), кавказский (*P. macrophylla*, *P. wittmanniana*) (табл. 1).

Таблица 1 – Эколого-географическая и фитоценотическая характеристика интродукционного материала семейства *Paeoniaceae*

Название вида	Географический элемент	Экогруппа	Поясная и фитоценотическая приуроченность	Происхождение материала; указание в российских Красных книгах
Секция <i>Flavonia</i> Kem.-Nath. Древняя секция, сохранившаяся в горных лесах Кавказа и Восточной Азии, включающая 8 видов пиона с цветками желтой или кремовой окраски, обусловленной наличием флавонола.				
<i>Paeonia lactiflora</i> Pallas. Пион молочноцветковый.	Восточноазиатский вид.	Ксеромезофит, гелиофит, мезотроф.	Заросли <i>Quercus mongolica</i> Fisch. ex Ledeb. по склонам сопок, по берегам рек, на остепненных лугах, лесных опушках, сухих каменистых склонах. В природе отмечены разновидности с красными и махровыми цветками и опушенными плодами.	Забайкалье, 1953 г., раметы; Новосибирск, ЦСБС СО РАН, 2015 г., раметы; репродукция СибБС, раметы и генеты. В СибБС ТГУ выращивается типичная разновидность с голыми плодами и белыми цветками. Занесен в Красную книгу РФ и региональные Красные книги Сибири и Дальнего Востока.
<i>Paeonia macrophylla</i> Lomak. П. крупнолистный.	Эндемик Западного Закавказья (Аджария, Гурия).	Мезофит, гелиофит, мезотроф, эвтроф.	От горного до субальпийского пояса на высоте 800–2100 м над у. м. в буковых лесах, на полянах, лугах, в зарослях кустарников.	Репродукция СибБС, раметы и генеты. Происхождение неизвестно, раметы.

Продолжение таблицы 1

<p><i>Paeonia wittmanniana</i> Hartwiss ex Lindl. П. Виттмана. Статус Р. <i>wittmanniana</i> Hartwiss ex Lindl. понижен до подвида <i>P.</i> <i>daurica</i> Andrews subsp. <i>wittmanniana</i> (Hartwiss ex Lindl.) D. Y. Hong. согласно The Pant List</p>	<p>Эндемик Колхиды. Приводится для Абхазии и Туапсе – Адлера.</p>	<p>Мезофит, сциогелиофит, мезотроф, эвтроф.</p>	<p>Горные широколиственные леса, заросли кустарников, на лесных лугах на высоте 600–800 м над у. м.</p>	<p>Самара, ботанический сад Самарского университета, 1993 г., раметы; репродукция СибБС, раметы и генеты. Занесен в Красную книгу РФ как вид, находящийся под угрозой исчезновения, Красные книги Карачаево-Черкесской Республики, Краснодарского края</p>
<p>Секция <i>Paeon</i> DC. Включает 26 видов травянистых пионов, распространенных в горных лесах Кавказа, Малой Азии, на юге Европы, Дальнем Востоке, в Китае и Японии.</p>				
<p><i>Paeonia obovata</i> Maxim. П. обратнойцевидн ый.</p>	<p>Восточноазиатски й вид.</p>	<p>Мезофит, сциогелиофит, мезотроф, эвтроф.</p>	<p>Широколиственные, елово-пихтовые, смешанные леса, по берегам рек, склонам сопок, в поймах рек.</p>	<p>Владивосток, ботанический сад- институт ДВО РАН, 70-е годы XX века, семена; репродукция СибБС, раметы и генеты. Занесен в Красную книгу РФ и региональные Красные книги на территории российского Дальнего</p>

Продолжение таблицы 1

				Востока.
Секция <i>Sternia</i> Kem.-Nath. Включает 12 видов, произрастающих в степных районах Кавказа, Южной и Средней Европе, Китае и Сибири.				
<i>Paeonia anomala</i> L. П. уклоняющийся, марьин корень.	Евроазиатский вид (Сибирь, Средняя Азия, Монголия, северный Китай, север европейской части России).	Мезофит, гелиофит, мезотроф, эвтроф.	Осветленные темнохвойные или смешанные леса, по их опушкам, таежные и высокотравные луга.	Томская область, окрестности пос. Степановка, окрестности пос. Кисловка, 60-90-е годы, раметы; Республика Алтай, 70-е годы, семена; репродукция СибБС, раметы и генеты. Вид занесен в Красные книги некоторых регионов европейской части РФ и Сибири.
<i>Paeonia hybrida</i> Pallas. П. гибридный.	Азиатский вид (Алтай, Алтайский край, Казахстан, Средняя Азия, Джунгария и Кашгария).	Ксерофит, гелиофит, мезотроф, эвтроф. Ю. А. Котухов относит его к мезоксерофитам и считает реликтом плейстоценового флористического комплекса.	Остепненные травянистые и каменистые склоны, злаково-разнотравные остепненные луга, в зарослях кустарников.	Республика Алтай, хребет Теректинский, 1948 г., раметы; Новосибирск, ЦСБС СО РАН, 2015 г., раметы; репродукция СибБС, раметы и генеты. Занесен в Красные книги Кемеровской области, Алтайского края, Республики Алтай, РФ.
<i>Paeonia officinalis</i> L. П.	Европейский вид. В настоящее	Мезофит, гелиофит, мезотроф, эвтроф.	Открытые каменистые склоны, реже в	Франция, Дижон, ботанический сад, 1995,

Продолжение таблицы 1

лекарственный.	время рассматривается в широком объеме, включает ряд подвидов, представляющих географические расы.		горнолесном поясе.	семена; репродукция СибБС, раметы, генеты .
<i>Paeonia peregrina</i> Mull. П. иноземный.	Средиземноморский вид.	Мезофит, гелиофит, мезотроф, эвтроф.	Широколиственные дубовые леса, на высоте 800-1200 м над у. м.	Польша, Люблин, 1996 г., семена; репродукция СибБС, раметы, генеты.
<i>Paeonia tenuifolia</i> L. П. узколистный.	Европейский вид	Ксеромезофит, гелиофит, мезотроф, эвтроф.	Степи, на каменистых и щебнистых осыпях, остепненных склонах, суходольных лугах, по опушкам лесов, в зарослях кустарников.	Барнаул, НИИ садоводства Сибири имени М. А. Лисавенко (Алтайская опытная станция садоводства), 1963 г., раметы; репродукция СибБС, раметы. В СибБС ТГУ вид представлен разновидностью <i>P. tenuifolia</i> var. <i>biebersteiniana</i> (Rupr.) N. Bursh, которая в соответствии с отличается от типичной формы более широкими

Продолжение таблицы 1

				конечными долями листьев 5-10 мм шириной. Занесен в Красную книгу РФ и региональные Красные книги.
Примечание – В соответствии с классификацией, разработанной J. J. Halda, <i>P. tenuifolia</i> отнесена к секции <i>Tenuifoliae</i> , <i>P. wittmanniana</i> , <i>P. macrophylla</i> – к секции <i>Flavonia</i> , <i>P. peregrina</i> , <i>P. officinalis</i> , <i>P. anomala</i> , <i>P. obovata</i> к секции <i>Paeonia</i> подроду <i>Paeonia</i> , <i>P. lactiflora</i> к подроду <i>Albiflora</i> .				

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Интродукционная оценка видов рода *Raemonia* L. проводилась на основании **личных наблюдений** в период с **сентября 2020 г. по май 2023 г.**, а также на основании наблюдений биолога Пензенского ботанического сада имени И.И. Спрыгина Галины Фёдоровны Можасовой.

Коллекция видов рода *Raemonia* L. в Пензенском ботаническом саду имени И.И. Спрыгина имеет долгую **историю становления**. Наиболее раннее упоминание о видах этого рода обнаруживается в делектусе Пензенского ботанического сада в **1936 г.** – к обмену предлагаются семена пионов тонколистного и крымского. В последующие годы (1937, 1938, 1951) к обмену предлагались семена только пиона тонколистного, из чего можно заключить, что пион крымский довольно быстро выпал из коллекции. С 1970-х гг. прошлого века в саду появился пион уклоняющийся, численность особей которого увеличилась в 2011 году благодаря поступлению живых растений из ботанического сада ВИЛАР [68].

С **2016 г.** начались интродукционные испытания, а с 2021 г. официально включены в состав коллекции *P. caucasica* (Schipez.) Schipez., *P. mlokozewitschii* Lomakin, *P. lactiflora* Pall. и его форма *P. lactiflora* Pall. f. *rosea*. После уточнения с нашей помощью систематического положения ранее ошибочно определённых экземпляров, с 2022 г. – *P. officinalis* subsp. *banatica* (Rochel) Soo.

С **2019 г.** проводятся интродукционные испытания *P. daurica* subsp. *tomentosa* (Lomakin) D.Y.Hong, *P. obovata* Maxim, *P. rockii* (S.G.Haw & Lauener) T.Hong & J.J.Li ex D.Y.Hong, *P. coriacea* Boiss.

С **2021 г.** к интродукционным испытаниям присоединены *P. arietina* G. Anderson (семенами из г. Самара), *P. peregrina* Mill. (семенами и корневищами из Сербии), *P. mascula* (L.) Mill (семенами из г. Лейпциг, Германия). С августа **2022 г.** – *P. oreogeton* S.Moore (семенами из г. Южно-

Сахалинск), *P. wittmanniana* Hartwiss ex Lindl. (г. Кемерово), *P. daurica* Andrews (г. Волгоград).

Исследования проводили на территории отдела Природной флоры. Посев семян, полученных по дефектусу весной 2021 г., и собственных семян, провели 26 августа 2021 г. Посев семян, полученных весной 2022 г., провели 15 августа 2022 г. Посев производили на делянках питомника размером 3×3 м. Уходные работы включали только прополку от сорняков и рыхление. Подкормки и полив не осуществлялся.

Массу 1000 семян определяли на аналитических весах в трёхкратной повторности. Всхожесть определяли в условиях открытого грунта по общепринятым методикам.

Всего изучено более 100 растений разных возрастных состояний. Изучение жизненной формы осуществлялось по методикам И.Г. Серебрякова [70, 71] и Т.И. Серебряковой [72], изучение онтогенеза и описание возрастных состояний проводилось на основе метода, разработанного Т.А. Работновым [61]; дополненного А.А. Урановым [81].

Фенологические наблюдения выполнены по общепринятым методикам [47]. Полученные данные были статистически обработаны [48].

Интродукционная оценка дана по 7-бальной шкале В. В. Бакановой [14], разработанной для декоративных многолетников (табл. 2).

Согласно этой **шкале**, минимальную оценку 1 балл получают интродуценты, существующие недолговечно и только в вегетативном состоянии, абсолютно неустойчивые к местным климатическим условиям. 2 балла – интродуценты недолговечны, неустойчивы. Может наблюдаться единичное цветение. 3 балла – интродуценты слабо устойчивы в местных условиях, не более 50 % особей цветут и плодоносят. 4 балла – среднеустойчивые интродуценты: более половины взрослых особей регулярно цветут и плодоносят; в отдельные годы численность, декоративность может быть снижена из-за низкой зимостойкости или засухоустойчивости; требуют или полива в засушливые сезоны года, или

защитных мероприятий в холодный период года. 5 баллов – взрослые особи регулярно массово цветут и плодоносят, устойчивы. 6 баллов – интродуценты регулярно массово цветут, плодоносят, дают единичный самосев или размножаются вегетативно, высокоустойчивы. 7 баллов – растения регулярно и массово цветут, плодоносят, активно саморасселяются массовым самосевом или вегетативным путем, высокоустойчивы (табл. 2).

Таблица 2 – Градации оценки успешности интродукции травянистых многолетников открытого грунта по В. В. Бакановой [14]

Шкала баллов	Развитие вегетативных органов	Наличие регулярного		Зимостойкость	Засухоустойчивость	Способность к саморасселению	
		цветения	плодоношения			Единично	Массово
1	+	–	–	–	–	–	–
2	+	+	–	–	–	–	–
3	+	+	+	–	–	–	–
4	+	+	+	+	–	–	–
4	+	+	+	–	+	–	–
5	+	+	+	+	+	–	–
6	+	+	+	+	+	+	–
7	+	+	+	+	+	+	+

1 – абсолютно неустойчивые, 2 – неустойчивые, 3 – слабоустойчивые, 4 – среднеустойчивые, 5 – устойчивые, 6 – высокоустойчивые 7 – высокоустойчивые (с тенденцией к сорничанию).

Агроклиматические условия Пензенского ботанического сада в целом благоприятные для выращивания широко спектра видов разных природных зон. Сад расположен на 53°07' северной широты, 45°02' восточной долготы на высоте 232 м над уровнем моря. На его территории преобладают **агро-серые лесные почвы** тяжелосуглинистых разновидностей. Они сильно изменены многолетним использованием, и приобрели ряд таких неблагоприятных свойств, как низкое содержание гумуса – около 1–2%; высокая потребность во внесении азотных удобрений (содержание легкогидролизуемого азота – 70–120 мг/кг); средняя обеспеченность фосфором (10–15 мг/кг). Они имеют непрочную комковатую структуру, склонны «заплывать» при переувлажнении, образуют корку на поверхности [22, 23].



*Рисунок 1. Корка на поверхности почвы отдела Природной флоры
Пензенского ботанического сада (12.09.2021)*

В условиях умеренно-континентального климата среднегодовая **температура** по данным метеостанции в г. Пензе составляет $7,2^{\circ}\text{C}$, с колебаниями в период наблюдений от $5,6^{\circ}\text{C}$ до $7,2^{\circ}\text{C}$. Для интродукции гемикриптофитов, к которым относятся исследуемые нами виды, важным является характер зимы. **Зима** в Пензенской области характеризуется как продолжительная, прохладная. Она начинается в первой декаде ноября, когда фиксируются отрицательные среднесуточные температуры. Однако за период наблюдений фиксировались годы (2017, 2020–2022) когда ноябрь был аномально тёплым. Это неблагоприятно для пионов, так как почки на корневищах выходят из состояния покоя, и в дальнейшем могут повреждаться, поэтому требуется присыпание их мульчей. Средняя многолетняя температура воздуха зимних месяцев в г. Пензе колеблется от $-7,4^{\circ}\text{C}$ в декабре до $-9,0^{\circ}\text{C}$ в феврале, что в целом позволяет гемикриптофитам под снежным покровом успешно сохранить почки возобновления. Однако, в отдельные годы фиксировались понижения температуры ниже нормы (декабрь 2020 г., январь 2016 г., 2019 г., февраль 2018 г., 2021 г.), когда температура воздуха в отдельные ночи января 2016 г.,

2019 г. снижалась до $-25,8^{\circ}\text{C}$ и $-27,1^{\circ}\text{C}$ соответственно. Такие температуры при слабо развитом снежном покрове могут угрожать почкам возобновления.

К необычным для Пензенской области неблагоприятным для растений явлениям относится событие февраля 2022 г., когда в результате потепления осадки носили ливневый характер, а потом температура снизилась и почва вновь промёрзла. Такое сочетание природных факторов приводит к вымоканию травянистых многолетников.

Климатическая зима заканчивается в г. Пензе в последние дни марта. Приход **весны** сильно колеблется в разные годы. Наиболее ранняя весна была характерна для 2016 г. (положительные температуры установились 1 марта), 2017 г. (2 марта), 2020 г. (1 марта), 2023 гг. (8 марта).

Таблица 3 – Температурные условия в г. Пензе в 2016–2023 гг. [91]

	Средняя многоле тние	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Январь	–8,7	–10,6	–8,7	–8,7	–10,4	–2,3	–7,7	–7,0	–10,0
Февраль	–9,0	–1,6	–6,9	–10,7	–5,9	–3,2	–13,1	–2,4	–6,3
Март	–3,4	0,7	0,1	–8,9	–1,3	3,4	–4,0	–3,4	3,0
Апрель	6,8	9,4	6,1	5,8	7,9	5,7	7,9	9,4	10,4
Май	14,3	15,0	13,0	16,6	17,3	13,1	17,4	10,0	
Июнь	18,5	18,8	15,9	17,9	20,6	18,7	20,9	19,1	
Июль	20,4	21,3	19,7	21,9	19,0	21,6	22,4	20,7	
Август	18,3	22,7	20,3	20,0	17,2	17,7	22,1	23,0	
Сентябрь	12,5	11,4	13,1	15,9	11,2	13,8	10,7	11,8	
Октябрь	5,6	4,8	5,1	7,4	9,1	8,1	6,2	7,2	
Ноябрь	–2,1	–2,8	–0,4	–3,1	–1,4	–0,7	0,5	0,2	
Декабрь	–7,4	–9,2	–2,7	–7,1	–3,4	–10,0	–6,6	–5,0	
Среднего довая	7,2	6,7	6,2	5,6	6,7	7,2	6,4	7,0	

К неблагоприятным для большинства интродуцентов метеорологическим явлениям относятся **возвраты холодов** – поздневесенние заморозки, которые могут повредить молодые отрастающие побеги с бутонами. За период наблюдения наиболее контрастные возвраты холодов наблюдались в 2016 г. (ранняя весна, но 20.03 – $15,6^{\circ}\text{C}$), в 2017 г. (ранняя весна, но 31 марта – 7°C , 2.04 – $10,5^{\circ}\text{C}$, 25.04 – $6,5^{\circ}\text{C}$), 2020 г (ранняя весна,

но 23.03 – 5°C, 1.04 – 4°C). Необычной была весна 2022 г., когда после аномально теплого апреля наблюдался холодный май.

Лето относительно короткое. Ветер юго-западный. Преобладают облачные (154), ясные (135) и пасмурные (76) дни.

Условия увлажнения в Пензенском ботаническом саду зависят от атмосферных осадков. Среднегодовое количество осадков в г. Пенза по средним многолетним данным составляет 548 мм. За годы наблюдений оно варьировало от 417 мм до 635 мм, то есть очень существенно (амплитуда составила 40% от среднегодового количества осадков по средним многолетним данным).

Таблица 4 – Атмосферные осадки в г. Пензе в 2016–2023 гг.

	Средняя многоле тние	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Январь	38	65	33	28	58	39	66	55	26
Февраль	31	50	29	52	20	27	49	51	34
Март	35	39	16	45	47	16	7	17	41
Апрель	33	49	54	66	16	92	38	60	27
Май	42	84	25	11	27	128	23	47	
Июнь	65	24	57	17	24	75	70	47	
Июль	59	108	84	71	44	39	66	59	
Август	51	25	12	16	58	32	59	2	
Сентябрь	52	94	51	22	29	17	72	85	
Октябрь	47	12	74	41	69	28	5	68	
Ноябрь	48	65	42	8	18	23	48	45	
Декабрь	41	21	27	40	34	16	26	46	
Итого за год	548	635	505	417	447	532	528	615	

Для гемикриптофитов очень важный фактор зимостойкости – мощность снежного покрова. Мало мощный снежный покров в сочетании с отрицательными температурами может привести к гибели почек возобновления. Такие малоснежные зимы были характерны для 2016–2017 гг., 2017–2018 гг., 2020–2021 гг., 2021–2022 гг., 2022–2023 гг., то есть частота встречаемости таких зим в последние годы увеличилась.

Большинство видов пионов принадлежат к мезофитам, поэтому в случае выраженного продолжительного засушливого периода им могут потребоваться дополнительные меры по оптимизации условий увлажнения. Для летнего периода в Пензенской области характерны **засухи**, которые также могут повлиять на успех интродукции видов этого рода. Низкое содержание влаги в почве к августу может повлиять на цветение в следующем году, так как именно в августе закладываются вегетативно-генеративные побеги следующего года. Засушливость в отдельные декады была характерна для 2018 г, 2020 г., 2022 г.

ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1. Изменения состава коллекции пионов за 2021–2023 гг.

За последние 3 года при нашем непосредственном участии происходило расширение коллекции рода *Paeonia* L. Пензенского ботанического сада. На май 2023 г. проводится интродукционная работа по 18 видам (табл. 5).

Таблица 5 – Виды пионов, включенные в интродукционную работу на территории Пензенского ботанического сада, май 2023 г.

№	Обще-употребительное видовое название	Видовое название по данным The plant list	Количество экземпляров	Онтогенетическое состояние на май 2023 г.
Виды стародавней интродукции				
1.	<i>P. tenuifolia</i> L.*	<i>P. tenuifolia</i> L.	10	g
2.	<i>P. anomala</i> L.	<i>P. anomala</i> L.	3	g
С 2016 (посев семян 2021 г.) г.				
3.	<i>P. caucasica</i> (Schipcz.) Schipcz.*	<i>P. daurica</i> subsp. <i>coriifolia</i> (Rupr.) D.Y.Hong	8+2+3	p+j+g
4.	<i>P. peregrina</i> Mill.	<i>P. peregrina</i> Mill.	1+1+4+3	p+j+v+g
5.	<i>P. mlokosewitschii</i> Lomakin	<i>P. daurica</i> subsp. <i>mlokosewitschii</i> (Lomakin) D.Y.Hong	8+1+1	p+j+g
6.	<i>P. intermedia</i> C.A. Mey.	<i>P. intermedia</i> C.A. Mey.	1	v
7.	<i>P. officinalis</i> subsp. <i>banatica</i> (Rochel) Soo	<i>P. officinalis</i> subsp. <i>banatica</i> (Rochel) Soo	11+2+7	p+j+g
8.	<i>P. lactiflora</i> Pall.*	<i>P. lactiflora</i> Pall.	3+6	p+g
9.	<i>P. lactiflora</i> Pall. <i>rosea</i>	<i>P. lactiflora</i> Pall. <i>rosea</i>	4+2+2+4+9	p+j+im+v+g
С 2019 г.				
10.	<i>P. tomentosa</i> (Lomakin) N. Busch	<i>P. daurica</i> subsp. <i>tomentosa</i> (Lomakin) D.Y.Hong	3	im
11.	<i>P. obovata</i> Maxim*	<i>P. obovata</i> Maxim	1+3+1+1	p+j+im+v

Продолжение таблицы 5

12.	<i>P. rockii</i> (S.G.Haw & Lauener) T.Hong & J.J.Li ex D.Y.Hong	<i>P. rockii</i> (S.G.Haw & Lauener) T.Hong & J.J.Li ex D.Y.Hong,	1	v
13.	<i>P. coriacea</i> Boiss.	<i>P. coriacea</i> Boiss.	3+1	v+g
С 2021 г.				
14.	<i>P. arietina</i> G. Anderson	<i>P. mascula</i> (L.) Mill	4+1	p+j
15.	<i>P. mascula</i> (L.) Mill	<i>P. mascula</i> (L.) Mill	2	p
С 2022 г.				
16.	<i>P. oreogeton</i> S.Moore *	<i>P. obovata</i> Maxim	5	se
17.	<i>P. wittmanniana</i> Hartwiss ex Lindl. *	<i>P. daurica</i> subsp. <i>wittmanniana</i> (Hartwiss ex Lindl) D.Y.Hong	41	se
18.	<i>P. daurica</i> Andrews	<i>P. daurica</i> Andrews	25	se

Примечания: * - виды, занесенные в Красную книгу РФ(2008)

За исключением трёх европейских (*P. arietina*, *P. coriacea*, *P. peregrina*) и одного китайского вида (*P. rockii*), большая часть интродуцируемых видов пионов имеют ареалы на территории России. Все они, за исключением *P. rockii*, травянистые многолетники с утолщенным корневищем и/или утолщенными корневыми клубнями. Шесть видов включены в Красную книгу России [37].

За последние 2 года произошли **следующие изменения**. Осенью 2022 г. посеяны в грунт семена следующих **новых для сада** видов: *P. oreogeton*, *P. wittmanniana*, *P. daurica*. Пока проростков не наблюдается, так как обычно при посеве в августе они единично появляются только в мае следующего года, и массово на второй год.

По всей видимости, **выпал** из интродукционных испытаний *P. delavayi* (происхождение семян – ботанический сад г. Лейпцига). Семена были посеяны в грунт в 2021 г., проростки отсутствуют. Спустя 7 лет пребывания в прегенеративном состоянии, не перезимовал и выпал из интродукционных испытаний *P. ×suffruticosa* Andrews.

Значительный отпад наблюдался среди *im*-особей, полученных из семян в 2019 г. и пересаженных на постоянное место из питомника в 2021 г.: для *P. obovata* и *P. coriacea* он составил 60%, для *P. tomentosa* – 20% (рис. 2).

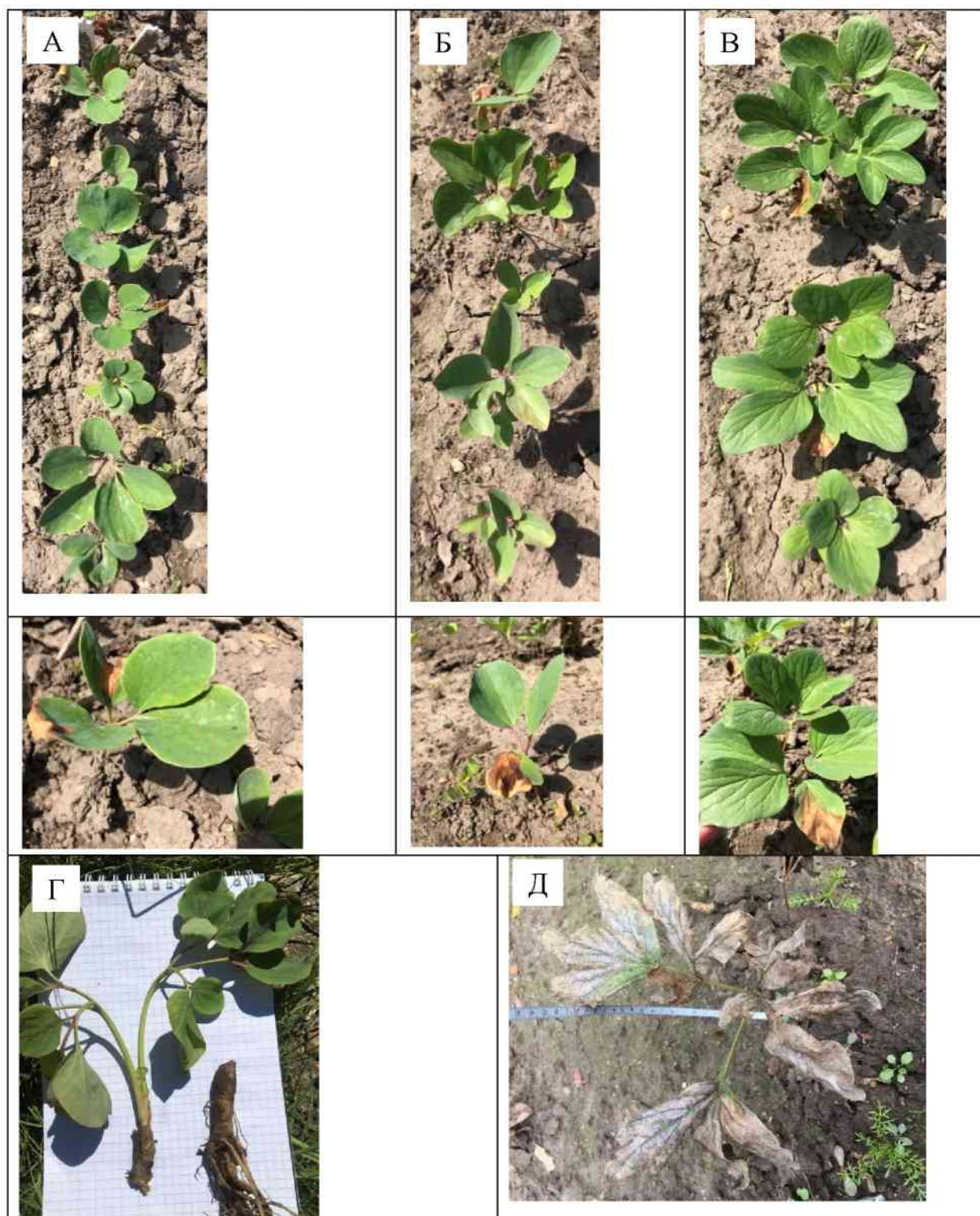


Рисунок 2. А – *j*- и *im*-особи *P. tomentosa*, Б – *P. obovata*, В – *P. coriacea* (24.05.2021); Г – погибшая *im*-особь *P. tomentosa* (3.05.2023); Д – *P. coriacea*, повреждённый мучнистой росой (12.09.2022)

Основная причина, на наш взгляд, связана с эдафическим фактором: бесструктурностью почв тяжёлого гранулометрического состава, нарушением водно-воздушного режима (после дождей заплывают, покрываются коркой), низким содержанием минеральных веществ, что снижает иммунитет молодых растений. Также негативно сказывается деятельность муравьев: они подсасывают молодые корешки, засыпают растения, сооружая в корнях муравейники.

Резко снизилась жизненность одного из трёх генеративных особей *P. caucasica*, предположительно, по причине вымокания (в феврале 2023 г. наблюдались морозы после оттепели, что привело к гибели многих растений на территории ботанического сада, особенно в микропонижениях) (рис. 3). Однако общая численность особей этого вида увеличилась за счёт проростков и ювенильных растений, полученных из семян, собранных в 2021 г. в условиях Пензенского ботанического сада (вторичная интродукция).

Резко снизилась жизненность особи *P. peregrina*, выращенного из корневища, полученного из Сербии в 2021 г. – оно сильно запаздывает фенологически по сравнению с другими виргинильными особями. После перезимовки в 2021 г. в условиях хранилища Пензенского ботанического сада в феврале – марте растение цвело в подсобном помещении (для пересадки в грунт ещё не было соответствующих температурных условий), однако после пересадки в открытый грунт цветения не наблюдалось в течение 2 лет, и после последней зимы растение крайне угнетено. Ещё 2 виргинильные особи *P. peregrina* погибли, таким образом, отпад составил 25%. Однако общее число особей этого вида не изменилось за счёт проростка и ювенильной особи, полученных из семян, посаженных в 2021 г.

2 виргинильные особи *P. peregrina* перешли в генеративное состояние, образовав 1 и 2 бутона (по состоянию на 10.05.2023) (рис. 4).

Впервые перешёл к генеративному возрастному состоянию один экземпляр *P. coriacea*, из группы, посеянных весной 2019 г., проросший в 2020 г. (рис. 4).

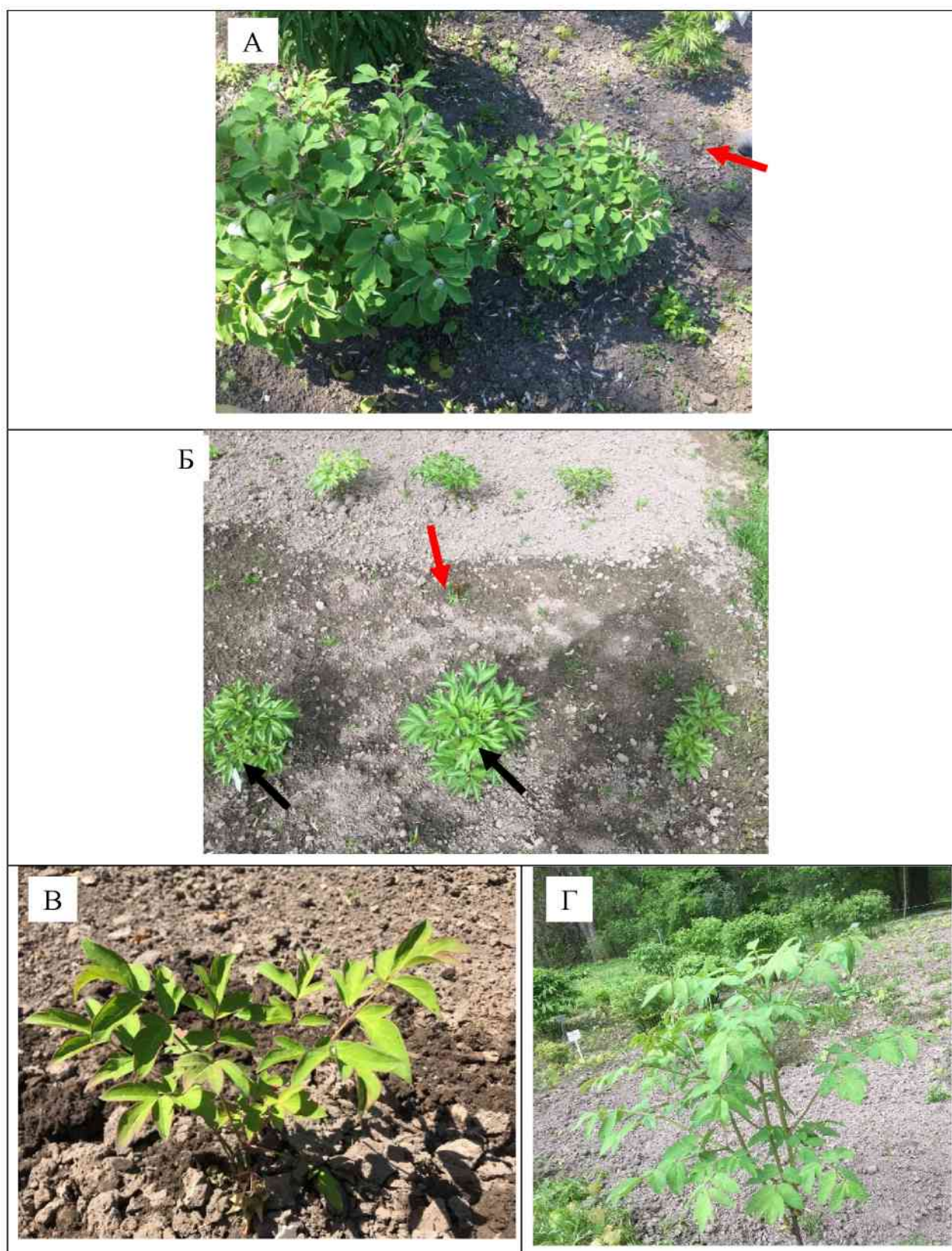


Рисунок 3. А – Генеративные особи *P. saucasica* (стрелка справа указывает на особь пониженной жизненности); Б – *P. peregrina* (красная стрелка – угнетённая g-особь; чёрные стрелки – особи, перешедшие в текущем году к g-состоянию); 3.05.2023; Б, Г – *P. rockii* (24.05.2021; 3.05.2023)



Рисунок 4. Генеративные особи *P. coriacea* (слева) и *P. peregrina* (справа), впервые перешедшие к цветению (10.05.2023)

P. rockii перешёл в виргинильное состояние.

Увеличилась численность особей *P. officinalis* subsp. *banatica* за счёт особей, выросших из семян, собранных в 2021 г. с растений, произрастающих на территории Пензенского ботанического сада (вторичная интродукция).

Также увеличилась численность особей *P. mlokosewitschii* и *P. lactiflora* f. *rosea* за счёт особей, выросших из семян, собранных в 2021 г. с растений, произрастающих на территории Пензенского ботанического сада (вторичная интродукция).

Таким образом, в настоящее время из 18 видов, по которым осуществляется интродукционная работа, 9 видов достигли генеративного, 3 – виргинильного, 1 – имматурного состояния, 2 – на стадии проростка и ювенильных особей, 3 – на стадии семян, перезимовавших в почве.

Полный спектр возрастных состояний характерен только для *P. lactiflora* f. *rosea*, практически полный (отсутствуют имматурные или виргинильные растения) – для *P. peregrina* и *P. officinalis*. Участие в коллекции широкого спектра возрастных состояний повышает надёжность присутствия вида в коллекции. Только одним возрастным состоянием представлены в коллекции следующие виды: *P. mascula*, *P. arietina*, *P. rockii*, *P. tomentosa*, *P. tenuifolia*, *P. anomala*, *P. intermedia*. Это повышает вероятность риска обеднения коллекции, особенно если вид представлен

единственным или небольшим числом экземпляров, а также особями на начальных этапах онтогенеза. Поэтому интродукционная работа с коллекцией пионов должна проводиться не только в направлении увеличения числа видов, но и увеличения числа особей уже имеющихся видов с привлечением собственных семян и семян, полученных по дефектосу в результате обмена с другими ботаническими садами.

3.2. Фенологические наблюдения

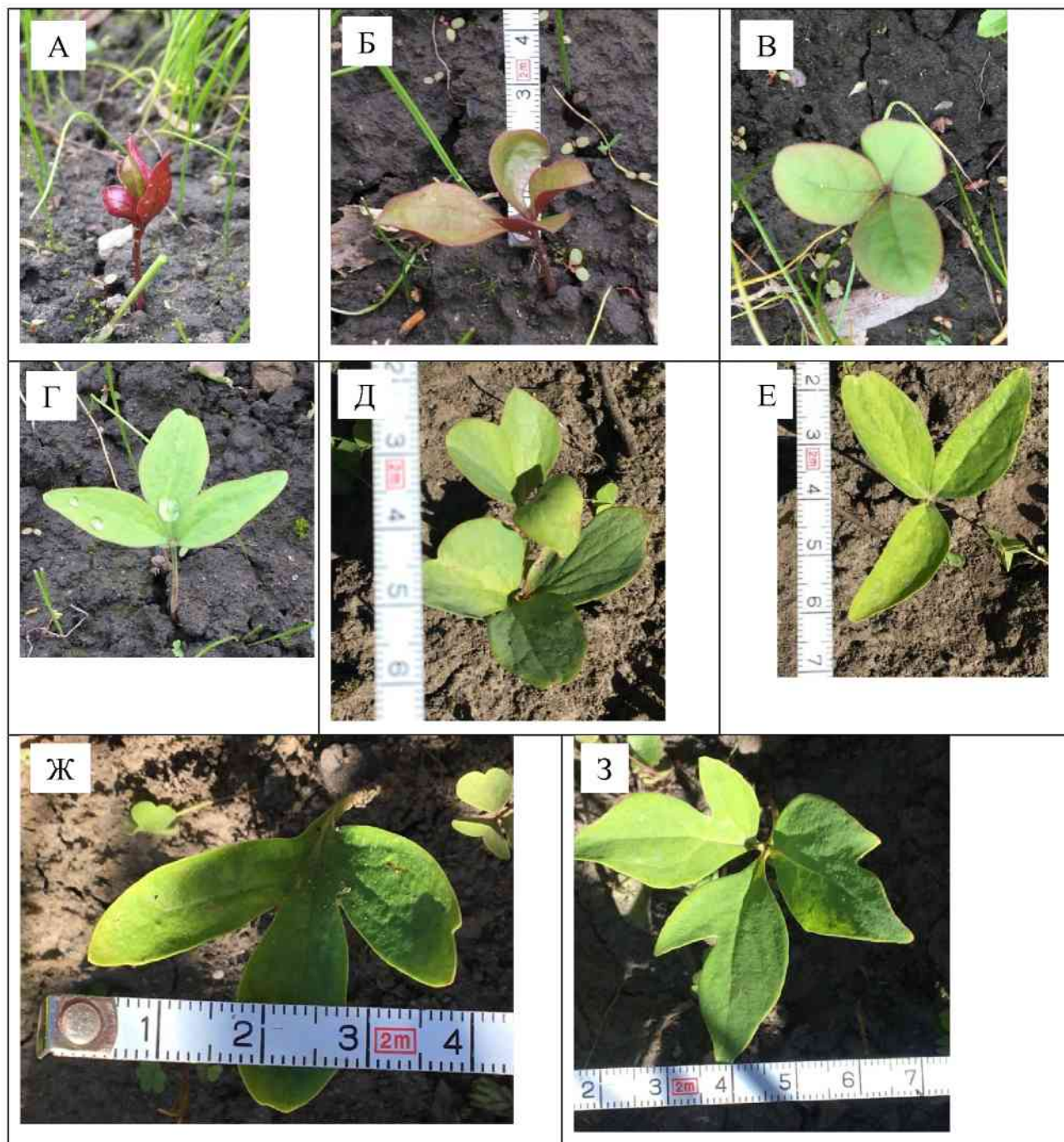
Соответствие феноритмотипа вида климатическим факторам новой среды – важное условие успешной интродукции Н.А. Аврорин [8], поэтому фенологические наблюдения ряд авторов учитывают при интродукционной оценке. У устойчивых видов сроки цветения незначительно варьируют по годам, отражая особенности погодных условий конкретного года. Виды с «мятущимся» или запаздывающим или опережающим цветением как правило происходят из регионов, сильно отличающихся от пункта интродукции по природно-климатическим условиям, что снижает успешность интродукции. Данные фенологических наблюдений отражены на рисунке 5.

Проращивание семян зависит от срока посева. **При весеннем посеве** (14.05.2019 г.) семян видов *P. obovate*, *P. tomentosa*, *P. coriacea* большинство проростков появились уже на следующий год – весной 2020 г., и к концу вегетационного периода достигли имматурного возрастного состояния, и весной 2021 г. были пересажены на постоянное место в коллекцию.

При осеннем посеве (26.08.2021 г.) у *P. peregrina* все проростки появились весной следующего года; у *P. lactiflora*, *P. lactiflora* f. *rosea*, *P. mlokosewitschii*, *P. caucasica*, *P. officinalis*, *P. arietina*, *P. mascula* – в первый год после посева единично, более массово – на второй год.

В 2022 г. появление всходов происходило начиная с третьей декады апреля (*P. lactiflora* f. *rosea*, *P. mlokosewitschii*), в первую и вторую декаду мая (*P. caucasica*, *P. arietina*), в первую декаду июня (*P. officinalis* subsp.

banatica, *P. peregrina*, *P. mascula*). У *P. peregrina* проростки появились только в первый год после посева, то есть прорастание семян более дружное и быстрое по сравнению с другими видами.



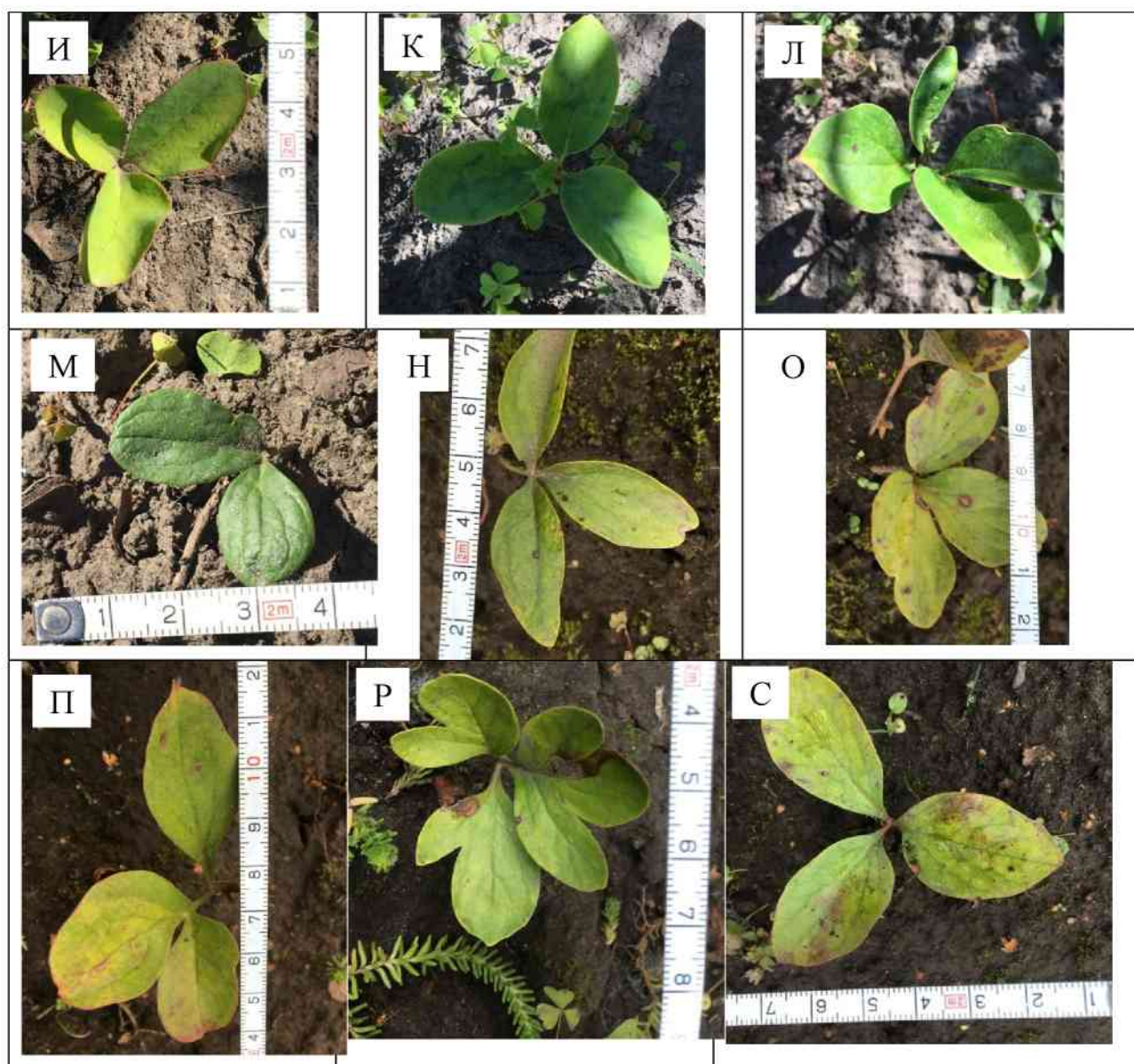
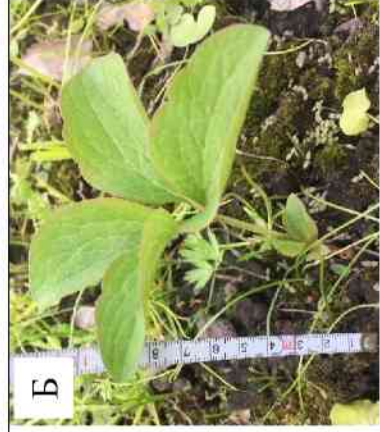


Рисунок 5. Фенологические наблюдения за особями пионов, посеянных в 2021 г. А – *P. lactiflora* f. *rosea* (30.04.22), Б – *P. lactiflora* f. *rosea* (15.05.22), В – *P. caucasica* (15.05.22), Г – *P. arietina* (Сапара) (15.05.22), Д – *P. arietina* (Леїнцуг) (5.07.22), Е – *P. arietina* (Сапара) (5.07.22), Ж – *P. peregrina* (5.07.22), З – *P. officinalis* (5.07.22), И – *P. caucasica* (5.07.22), К – *P. mlokosewitschii* (5.07.22), Л – *P. lactiflora* f. *rosea* (5.07.22), М – *P. mascula* (5.07.22), Н – *P. arietina* (Сапара) (12.09.22), О – *P. arietina* (Леїнцуг) (12.09.22), П – *P. officinalis* (12.09.22), Р – *P. peregrina* (12.09.22), С – *P. mlokosewitschii* (12.09.22).

В 2023 г. наблюдалось более дружное и ранее прорастание семян по сравнению с 2022 г. и отрастание j-особей в третью декаду апреля (рис. 6).



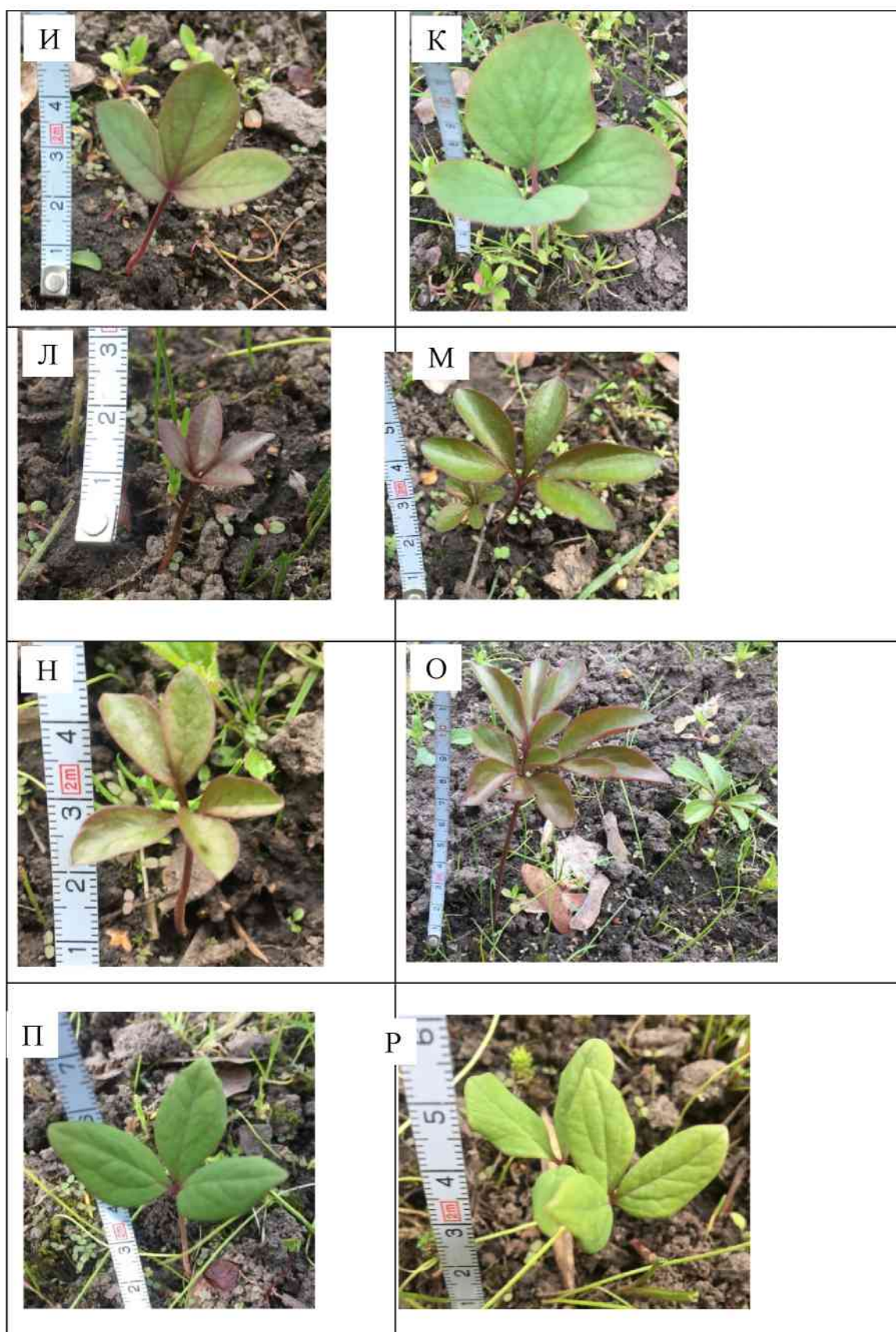
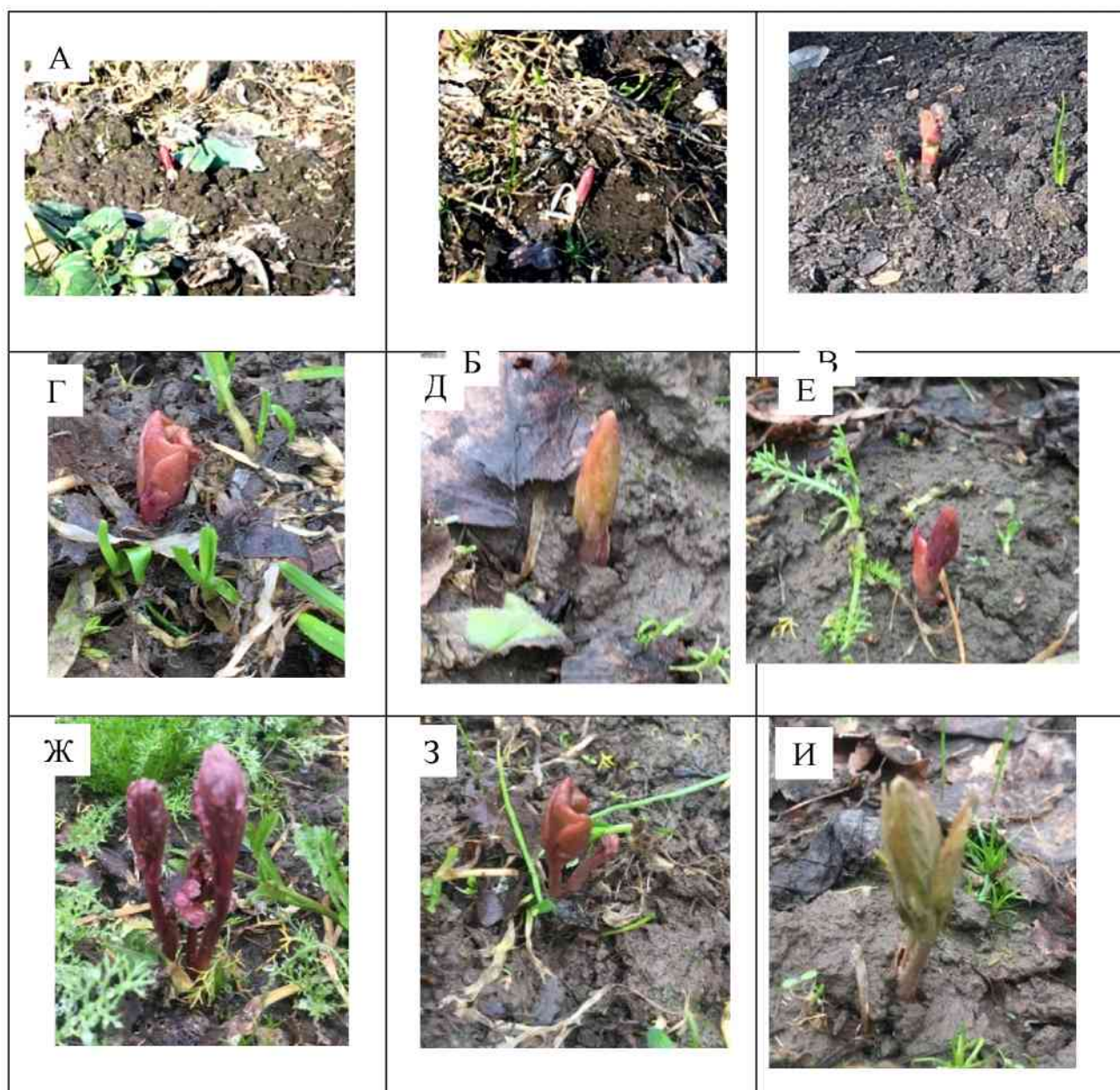
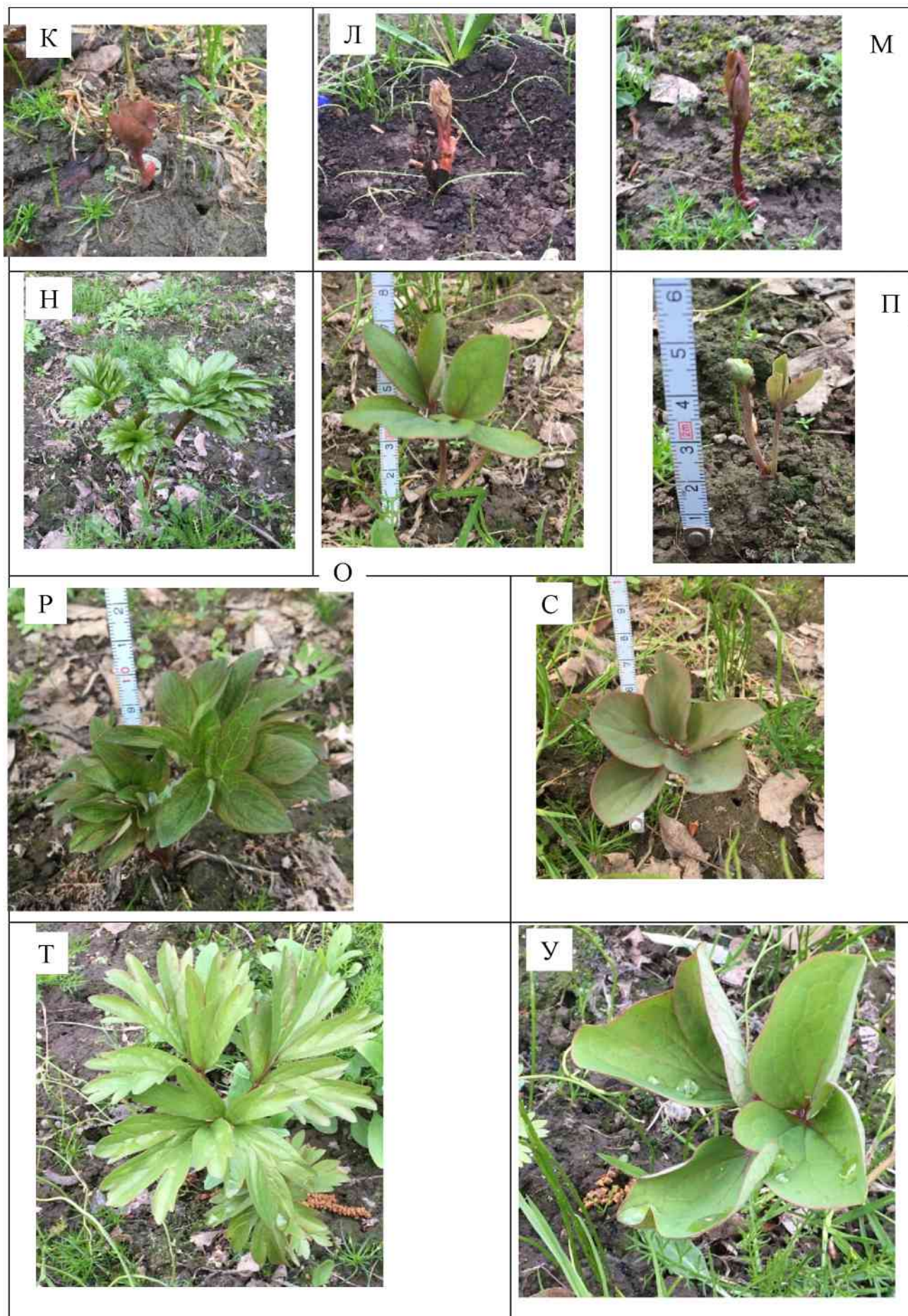


Рисунок 6. А, Б – *P. arietina* (Самара), В – *P. mascula*, Г – *P. peregrina*, Д, Е – *P. caucasica*, Ж, З – *P. officinalis*, И, К – *P. mlokosewitschii*, Л, М – *P. lactiflora*, Н, О – *P. lactiflora* f. *rosea*, П, Р – *P. obovata*; слева – проростки, справа – ювенильные особи (3.05.2023)

Отрастание имматурных и виргинильных особей: в 2022 г. первыми начали отрастать *P. coriacea* и *P. tomentosa* (11.04.), к 17.04–21.04 тронулись в рост почки *P. obovata*, позднее всех – 28.04 – *P. peregrina* (рис. 7). 3–5 мая наблюдалось значительное похолодание (ночью температура снижалась до 0°C), но вновь посаженные пионы не пострадали от резкого снижения температуры.

В 2023 г. отрастание имматурных и виргинильных особей всех указанных видов началось в первую декаду апреля, то есть на 1–2 недели раньше, чем в прошлом году, что связано с более ранним в 2023 г. установлением положительных температур.





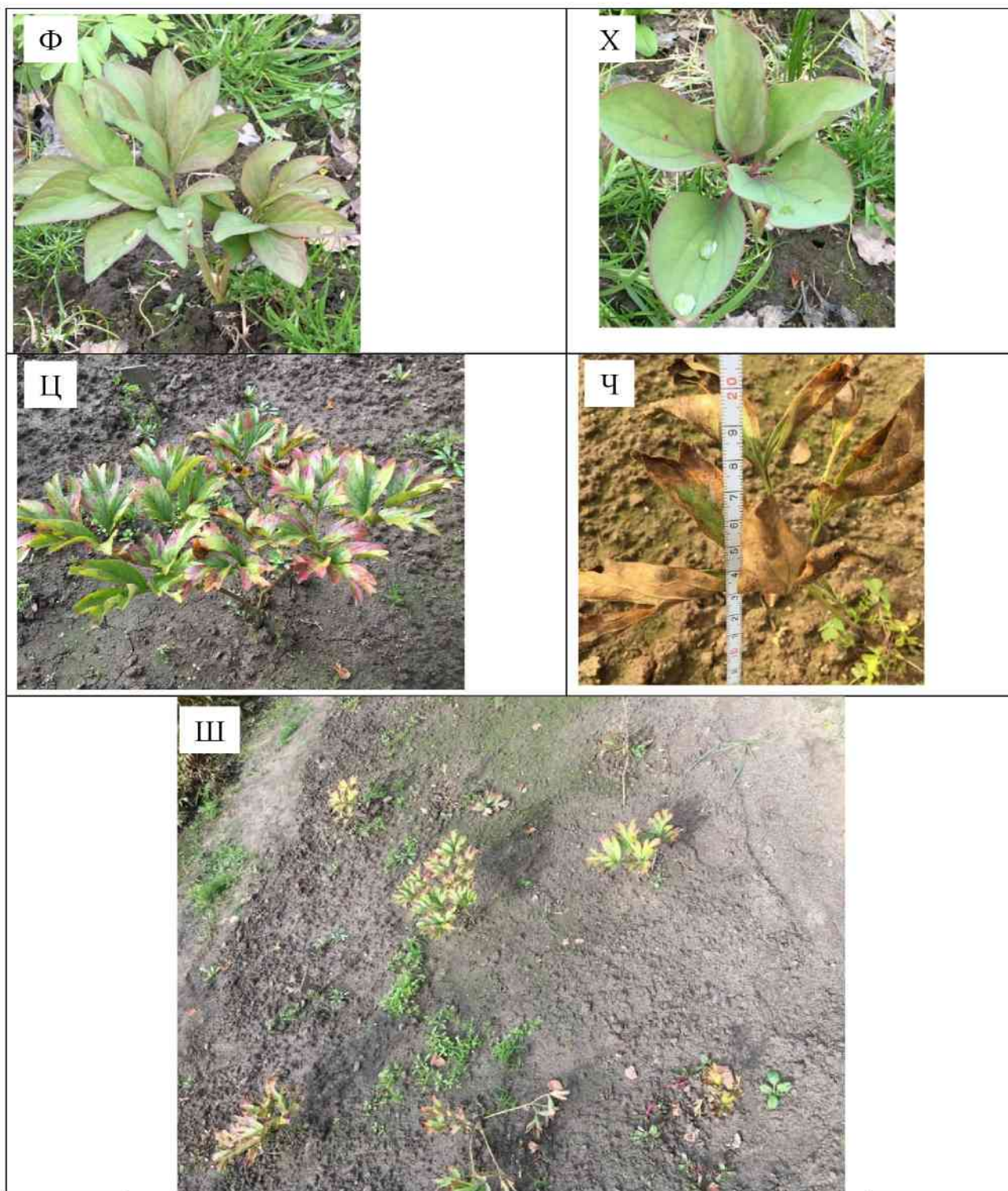


Рисунок 7. А – *P. coriacea*, Б – *P. tomentosa*, (11.04.22), В – *P. rockii* (13.04.22), Г – *P. peregrina*, Д – *P. tomentosa*, Е – *P. coriacea* (18.04.22), Ж – *P. peregrina*, З – *P. obovata*, И – *P. tomentosa*, К – *P. coriacea*, Л – *P. rockii* (21.04.22), М – *P. peregrina* (v), Н – *P. peregrina* (g*), О, П – *P. obovata*, Р – *P. coriacea*, С – *P. tomentosa* (27.04.22), Т – *P. peregrina*, У – *P. obovata*, Ф – *P. coriacea*, Х – *P. tomentosa*, (5.05.22), Ц, Ч, Ш – *P. peregrina* (v) нормальной и пониженной жизненности, общий вид делянок (12.09.22)

Отрастание генеративных особей происходит обычно раньше, чем особей прегенеративных возрастных состояний, сразу после схода снега, и зависит от температурных условий года. В 2022 г. оно наблюдалось примерно в те же сроки, что и в 2021 г., 10.04 (*P. tenuifolia*, *P. anomala*), 12.04 (*P. mlokosewitschii*, *P. caucasica*), 19.04 (*P. officinalis*), позднее всего 20.04 – *P. lactiflora*.

В 2023 г. в связи с аномально высокими температурами марта отрастание генеративных особей началось в среднем на 2 недели раньше: 24.03 (*P. anomala*, раньше всех, так как его почки в предыдущую тёплую осень преждевременно тронулись в рост и пришлось засыпать их мульчей), 29.04 (*P. tenuifolia*, *P. lactiflora*), 31.03 (*P. officinalis*), 2.04 (*P. caucasica*, *P. mlokosewitschii*). Обращает на себя внимание факт раннего пробуждения почек пиона молочноцветкового (обеих форм), так как в предыдущие годы он отрастал последним.

Цветение в 2022 г. наблюдалось в такой последовательности: 18.05. – *P. tenuifolia*, 19.05. – гибрид тонколистного и уклоняющегося, 23.05 – *P. anomala*, 24 – *P. officinalis*, *P. caucasica*, *P. mlokosewitschii*, 6.06 – *P. lactiflora*. В 2023 г. из-за аномально тёплой и ранней весны начало цветения сдвинулось на 2–3 недели: 2.05. – *P. anomala*, 3.05. – *P. tenuifolia*, 5.05 – *P. officinalis*. Экземпляры *P. officinalis* очень заметно отличаются по жизненности и времени зацветания. Экземпляры с нормальной жизненности зацвели раньше других. Однако 6.05. наблюдалось похолодание до отрицательных температур ночью, это затормозило раскрытие других бутонов у *P. officinalis* и других видов.

Окончание вегетации и отмирание наземных побегов первым происходит у проростков, ювенильных и имматурных особей: в 2022 г. – к третьей декаде августа. Среди генеративных особей раньше всех – к началу сентября – отмирают побеги *P. tenuifolia*, затем *P. anomala*, остальные сохраняют декоративность до второй декады сентября, демонстрируя только единичные пятна жёлтого и антоцианового цвета.

3.3. Особенности формирования и прорастания семян

Пополнение коллекции видов рода *Paeonia* L. с 2016 г. в основном происходило за счёт выращивания растений из семян (за исключением *P. peregrina*). Поэтому характеристики семян – важнейший показатель.

Самые крупные семена у кустарниковых форм – *P. rockii* и *P. delavayi* – масса 1000 семян около 250 г.

Семена травянистых форм пионов можно разделить на три группы. Самые мелкие из представленных видов семена – у степного вида *P. tenuifolia* – масса 1000 семян составляет около 45 г и колеблется незначительно в зависимости от источника поступления семян по дефектосу. К средним (масса 1000 семян от 50 до 100 г.) относятся *P. oreogeton* (60,7 г), *P. obovata* (73,4–88,6 г. в зависимости от места происхождения), *P. daurica* (88,4 г), *P. mascula* (94,6 г). Крупные семена массой 1000 семян более 100 г имеют большинство изучаемых видов: *P. arietina* (105,8–133,4 г в зависимости от места произрастания), *P. peregrina* (166,2 г), *P. mlokosewitschii* (110,3–124 г), *P. officinalis* (126,3 г), *P. lactiflora* (106,0–131,4 г), *P. caucasica* (176,8–206,1 г), *P. lactiflora* Pall. f. *rosea* (149,3–194,0 г в зависимости от года сбора) (табл. 6).

Всхожесть семян пионов, полученных в разные годы из других ботанических садов, в целом низкая. Не взошли семена *P. humilis* (Лейден, 2019), *P. obovata* (Благовещенск, 2019; Южно-Сахалинск, 2021), *P. emodi* (Тюбинген, 2019), *P. taurica* (Саратов, 2019), *P. tenuifolia* (Волгоград, 2021; Самара, 2021), *P. rockii* (Самара, 2021), *P. delavayi* (Лейпциг, 2021).

Низкая всхожесть характерна для *P. peregrina* (Сербия, 2021) – около 8%, *P. mascula* (Лейпциг, 2021) – 28,6%. Низкая всхожесть семян пионов может быть обусловлена разными причинами. Во-первых, несформированностью зародыша, поэтому период прорастания задерживается до двух и более лет, что делает процесс прорастания семян более зависимым от внешних условий.

Таблица 6 – Характеристика семян пионов, интродуцируемых на территории Пензенского ботанического сада, 2023

№	Общеупотребительное видовое название	Источник поступления семян	Всхожесть, %	Масса 1000 семян, г
1.	<i>P. anomala</i> L.	ВИ*, 2017–2022 (ср. за 5 лет)	50,0±3,5	100,2±1,3
2.	<i>P. tenuifolia</i> L.*	Волгоград, 2021	0	47,5
		Самара, 2021	0	42,7
		ВИ*, 2021	–	46,2
3.	<i>P. caucasica</i> (Schipcz.) Schipcz.*	ВИ, 2021	40,1±1,6	176,8
		ВИ, 2022	–	206,1±6,8
4.	<i>P. peregrina</i> Mill.	Сербия, 2021	7,7±7,7	166,2±1,3
5.	<i>P. mlokosewitschii</i> Lomakin	ВИ, 2021	36,9±21,5	110,3
		ВИ, 2022	–	124,0±5,3
6.	<i>P. officinalis</i> subsp. <i>banatica</i> (Rochel) Soo	ВИ, 2021	45,9±7,4	126,3
		ВИ, 2022	–	120,7±0,7
7.	<i>P. lactiflora</i> Pall.*	ВИ, 2021	25,0	131,4
		ВИ, 2022	–	106,0±1,7
8.	<i>P. lactiflora</i> Pall. f. <i>rosea</i>	ВИ, 2021	58,3	194,0
		ВИ, 2022	–	149,3±2,6
9.	<i>P. tomentosa</i> (Lomakin) N. Busch	Самара, 2019	75	–
10.	<i>P. obovata</i> Maxim*	Самара, 2019	62,5	–
		Благовещенск, 2021	41,7	88,6
		Благовещенск, 2019	0	–
		Южно-Сахалинск, 2021	0	73,4
11.	<i>P. rockii</i> (S.G.Haw & Lauener) T.Hong & J.J.Li ex D.Y.Hong	Тюбинген, 2019	9	–
		Самара, 2021	0	260,9
12.	<i>P. coriacea</i> Boiss.	Бонн, 2019	100	–
13.	<i>P. arietina</i> G. Anderson	Самара, 2021	41,7	105,8
		Лейпциг, 2021	9,1	133,4
14.	<i>P. mascula</i> (L.) Mill	Лейпциг, 2021	28,6	94,6
15.	<i>P. delavayi</i> Franch.	Лейпциг, 2021	0	247,1
16.	<i>P. oreogeton</i> S.Moore	Южно-Сахалинск, 2022	–	60,7
17.	<i>P. wittmanniana</i> Hartwiss ex Lindl.	Кемерово, 2022	–	91,4
18.	<i>P. daurica</i> Andrews	Волгоград, 2022	–	88,4

«–» – нет данных; ВИ – вторичная интродукция, год сбора семян

Во-вторых, семена присылают из ботанических садов, а не из природных сообществ; формирование семян в условиях интродукции может существенно отличаться от оптимальных, необходимых для нормального оплодотворения, из-за чего формируются нежизнеспособные семена. В-

третьих, нельзя исключать возможность повреждающих факторов при хранении и транспортировке.

Более высокая всхожесть характерна для *P. obovata* 42% (Благовещенск, 2021) – 62,5% (Самара, 2019), *P. tomentosa* – 75% (Самара, 2019), *P. coriacea* – 100% (Бонн, 2019). Для семян *P. arietina*, полученных из г. Лейпциг (2021), характерна низкая всхожесть – 9%, а из г. Самары (2021) – более высокая – 41,7%.

В настоящее время в условиях Пензенского ботанического сада образуют семена следующие виды пионов: *P. anomala*, *P. tenuifolia*, *P. caucasica*, *P. mlokosewitschii*, *P. officinalis*, *P. lactiflora*, *P. lactiflora* f. *rosea*.

Семена *P. anomala* включены в дефектус более 15 лет, и по отзывам сотрудников других ботанических садов, куда отправлялся семенной материал, выросшие из семян растения сохраняют свойственные виду признаки. Для них характерна относительно высокая всхожесть – около 50% по средним многолетним данным. Относительно высокая всхожесть характерна для семян *P. lactiflora* f. *rosea* (58 %); несколько ниже (около 30–40%) у семян *P. caucasica*, *P. mlokosewitschii*, *P. officinalis*. Это может быть связано с тем, что генеративные растения этих видов, только в 2020 г. перешедшие к цветению, ещё не достигли своего физиологического расцвета, не достигли ещё максимума, свойственного зрелым генеративным особям.

Наименьшая всхожесть характерна для *P. lactiflora* 31% (2020 г.), 25% (2021 г.). В 2021 году большинство цветков этого вида было повреждено неизвестным нам заболеванием, морфологически проявляющимся в образовании чёрных мелких пятен на поверхности лепестков и изменении их формы. Возможно, это нарушило нормальный процесс оплодотворения и развитие зародыша семян в этом году. В следующем году признаков заболевания зафиксировано не было. По массе 1000 семян семена пионов, полученных в условиях ботанического сада, сопоставимы с данными других авторов [35, 65].

Семена *P. tenuifolia*, формирующиеся в условиях Пензенского ботанического сада, нельзя использовать для вторичной интродукции, так как из них вырастают **гибридные формы**, для которых характерны признаки, промежуточные между *P. tenuifolia* и *P. anomala* – результат переопыления цветков. Учитывая несовместимость семян *P. tenuifolia*, получаемых из других ботанических садов, это делает воспроизводство данного вида в условиях культуры более сложным по сравнению с другими видами.

Обращает на себя внимание тот факт, что **масса 1000 семян**, собранных на территории Пензенского ботанического сада, довольно значительно варьировала за 2 года наблюдений. В **2022 г.** у *P. mlokosewitschii* и *P. caucasica* этот показатель был больше по сравнению с 2021 г. на 12–15%. Это, в первую очередь, может быть связано с взрослением растений и формированием более крупных семян. У *P. officinalis* достоверных отличий не выявлено. У более поздноцветущих *P. lactiflora* и *P. lactiflora* f. *rosea* масса 1000 семян, собранных в 2022 г., наоборот, была меньше по сравнению с 2021 г. на 20% и 25% соответственно. По нашему мнению, на это могли повлиять условия увлажнения, менее благоприятные в летние месяцы 2022 г. по сравнению с 2021 г. Так число осадков в июне 2022 г. было ниже на 23%, в июле – на 11%, а в августе на 96% чем в соответствующем месяце 2021 г.

Таким образом, показана возможность **вторичной интродукции** для всех видов, кроме *P. tenuifolia*. Однако, учитывая возможную гибридизацию видов рода пион, нельзя исключить гипотетическую вероятность, что семена, полученные с особей *P. mlokosewitschii*, *P. caucasica*, *P. lactiflora* f. *rosea*, *P. lactiflora*, *P. officinalis* могут быть результатом переопыления. Поэтому, прежде чем размещать их в декоративном саду и предлагать для интродукции на территории других ботанических садов, следует исследовать их до достижения ими генеративного возрастного состояния и установить морфологические признаки, присущие данному виду.

Поскольку в условиях Пензенского ботанического сада наблюдается вторичная интродукция 7 видов пионов, важно оценить их **семенную продуктивность**, так как она, с одной стороны, даёт представление об успешности интродукции, а с другой стороны, позволяет оценить возможности коллекции как источника семян для репродукции видов в условиях сада и за его пределами.

Таблица 7 – Показатели семенной продуктивности видов рода *Paeonia* L. в условиях Пензенского ботанического сада

	Число плодов на растении (min-max)	Число листочков в плодах (min-max)	Реальная семенная продуктивность (шт.) в расчёте на			Выполн енные семена, % %
			листочку	плод	растение	
2021						
<i>P. caucasica</i>	3,0±0,6 (2–4)	3,4±0,4 (2–4)	5,2± 0,3	17,6± 0,3	15,6± 0,9	10,0± 1,1
<i>P. mlokose- witschii</i>	8*	2,0±0,0 (2)	7,2± 0,4	14,4± 1,1	115,2± 0,0	30,6± 2,3
<i>P. officinalis</i>	4,1±0,3 (1–8)	3,1±0,2 (2–6)	5,5± 0,3	15,6± 1,3	64,0± 5,4	90,0± 3,3
<i>P. lactiflora</i> f. <i>rosea</i>	7,5±1,6 (2–13)	3,4±0,2 (2–5)	5,4± 0,5	19,1± 0,3	143,3± 9,7	92,4± 2,1
<i>P. lactiflora</i>	7,7±1,9 (4–15)	4,9±0,1 (4–5)	7,3± 0,5	20,5± 0,3	157,9± 9,1	89,1± 2,5
<i>P. tenuifolia</i>	9,8±1,8 (2–17)	2,4±0,1 (1–4)	5,3± 0,5	12,7± 1,0	124,7± 10,7	90,4± 2,7
<i>P. anomala</i>	15,0±4,0 (11–19)	4,3±0,2 (3–5)	6,1± 0,4	26,2± 2,3	393,5± 17,1	90,9± 1,3
2022						
<i>P. caucasica</i>	6,0±0,6 (5–7)	2,9±0,2 (2–4)	5,4± 0,3	16,1± 1,1	85,7± 5,1	18,0± 2,0
<i>P. mlokose- witschii</i>	15*	2,1±0,1 (2–3)	4,9± 0,2	10,5± 1,0	157,0± 0,0	35,6± 3,9
<i>P. officinalis</i>	9,9±1,9 (4–18)	3,0±0,1 (2–6)	3,3 ±0,3	8,9 ±0,3	48,4± 0,3	88,8± 3,1
<i>P. lactiflora</i> f. <i>rosea</i>	11,7±1,4 (5–17)	3,9±0,2 (2–6)	6,2± 0,5	24,2 ±1,3	282,9 ±10,3	90,1± 3,1
<i>P. lactiflora</i>	12,8±1,1 (5–19)	4,4±0,1 (2–6)	6,3± 0,5	27,7 ±1,2	354,8 ±15,5	80,5± 3,1
<i>P. tenuifolia</i>	5,0±1,3 (1–11)	2,2±0,1 (1–3)	5,0± 0,5	11,0± 0,7	55,0± 3,1	87,7± 2,0
<i>P. anomala</i>	8,3±2,2 (4–11)	3,9±0,2 (2–6)	5,7± 0,4	22,2± 2,3	184,5± 10,1	85,9± 1,9

* – вид в коллекции представлен единственным экземпляром

Семена у пионов созревают в плодах – многолистовках. По количеству листовок в составе сборного плода лидируют *P. anomala*, *P. lactiflora* f. *rosea*, *P. lactiflora* f. *rosea* (от 2 до 6, чаще четырёхлистовки). Наименьшее число листовок у *P. tenuifolia* и *P. mlokosewitschii* (1–4; 2–3, чаще двулистовки). Число семян в листовке у всех видов примерно одинаково – 5–7. Более вариабельно число плодов у особи, что связано с разной их жизненностью. Наиболее заметна разница по этому показателю у таких видов как: *P. tenuifolia* (от 1–2 до 11–17), *P. anomala* (от 4–11 в 2022 г. до 11–19 в 2021 г.), *P. lactiflora* f. *rosea* (от 2–5 до 13–17), *P. lactiflora* (от 4–5 до 15–19). Наиболее стабилен в этом отношении *P. caucasica* 2–4 в 2021 г., 5–7 в 2022 г.

Наряду с выполненными семенами в плодах присутствуют невыполненные семена, явно отличающиеся по размеру, массе и цвету семенной кожуры от выполненных. Наибольшее их количество отмечено для кавказских видов *P. caucasica* и *P. mlokosewitschii*: до 82–90% и 64–69% от общего количества семян соответственно. Такая низкая доля выполненных семян указывает на сложности при опылении и оплодотворении и развитии семян в условиях культуры (рис. 8).

Все эти особенности находят своё отражение в показателях семенной продуктивности. Семенная продуктивность видов значительно варьировала в годы наблюдений. Например, в 2021 г. максимальная семенная продуктивность в расчёте на одно растение была характерна для *P. anomala*. Однако в следующем году она снизилась более чем в 2 раза. Для *P. lactiflora* и *P. lactiflora* f. *rosea*, наоборот, в 2021 г. продуктивность двукратно превышала показатели с 2022 г. По средним многолетним данным генеративные особи этих видов самые продуктивные, в первую очередь из-за большого числа побегов в кусте, числа цветков, а впоследствии плодов. Наименьшая семенная продуктивность характерна для *P. caucasica*, *P. officinalis*.

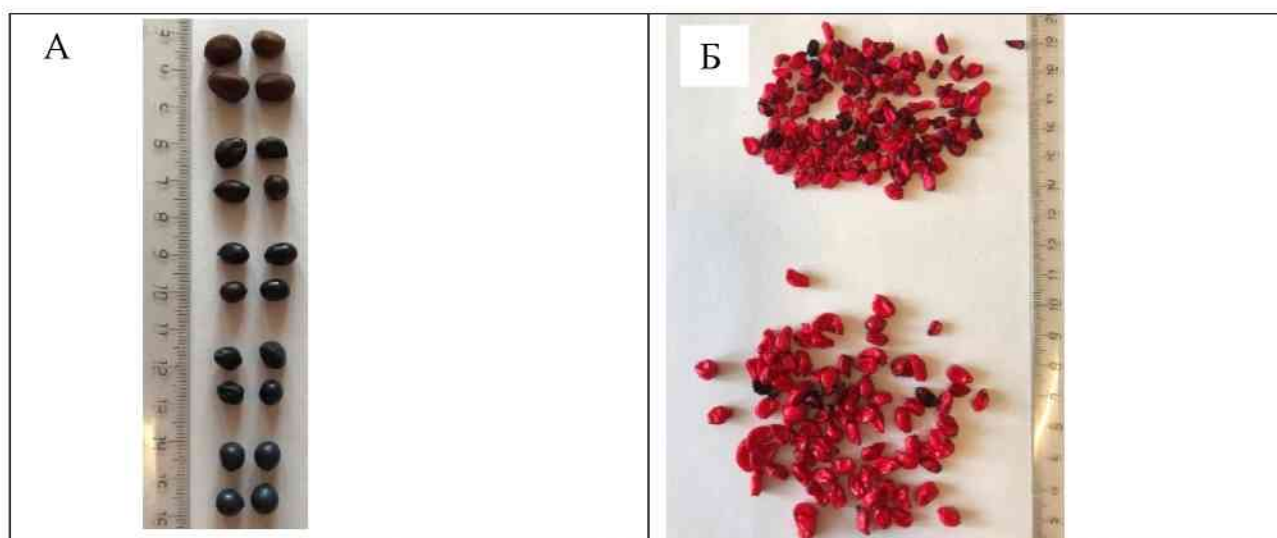


Рисунок 8. А – выполненные семена (сверху вниз) *P. lactiflora* f. *rosea*, *P. lactiflora*, *P. officinalis*, *P. mlokosewitschii*, *P. caucasica*; невыполненные семена *P. mlokosewitschii* (вверху), *P. caucasica*

3.4. Онтогенез видов рода *Paeonia* L. в условиях культуры

Прегенеративный этап онтогенеза. Для семян всех видов пионов, культивируемых на территории Пензенского ботанического сада, характерно подземное продолжительное неодновременное прорастание (12–24 и более месяцев). **Проростки** отличаются по особенностям листовой пластинки. У большинства видов лист проростка тройчатосложный. У всех видов, за исключением, *P. lactiflora* и *P. lactiflora* f. *rosea* листочки сложного листа остаются цельными. У молочноцветкового пиона и его формы один или оба боковых листочка разделены на 2 части, поэтому общее число долей составляет 4–5. У *P. peregrina* по сравнению с другими видами листовые пластинки самые вариативные: как простые тройчато-раздельные, так и тройчатосложные, как с цельными листочками, так и с разделёнными на 2 (боковые) и 3 (центральный) части.

По размерам листа проростки разных видов почти не отличаются. Черешок листа варьирует от 1,5 до 4,0 см, в среднем около 2–3 см. Листовая

пластинка длиной до 3 см, шириной от 3 до 7 см, ширина центральной доли – 1–2 см.

На следующий год растения переходят к **ювенильному состоянию**. Развивается розеточный побег из 1 (*P. peregrina*, *P. mlokosewitschii*), 1–2 (*P. obovata*, *P. tomentosa*, *P. coriacea*, *P. lactiflora*) или 2 (*P. arietina*, *P. caucasica*, *P. officinalis*) листьев. У *P. caucasica*, *P. mlokosewitschii* форма листа (тройчатосложный с цельными листочками) не меняется. У остальных она усложняется за счёт расчленения листочков на 2 и более частей. Число долей (сегментов) возрастает до 3–4 (*P. arietina*), 3–5 (*P. obovata*, *P. tomentosa*, *P. coriacea*, *P. officinalis*), 5 (*P. lactiflora*), 12 (*P. lactiflora* f. *rosea*). Наиболее расчленены листочки *P. peregrina*, каждый из которых разделён на 4–7 долей и лопастей, общее число составляет – 10–21.

Длина черешка увеличивается у *P. caucasica*, *P. peregrina*, *P. tomentosa*, *P. coriacea*, *P. obovata* до 3–4 см, *P. officinalis*, *P. mlokosewitschii* – до 5 см, *P. arietina*, *P. lactiflora* – до 8 см. Длина листа почти не увеличивается у *P. peregrina* и *P. caucasica* (2,5 см), несколько увеличивается у *P. coriacea*, *P. officinalis*, *P. lactiflora*, *P. obovata* (до 3,5–4 см), у *P. mlokosewitschii*, *P. tomentosa*, *P. arietina* (до 5 см).

Ширина листа увеличивается у *P. coriacea* до 13 см, у *P. tomentosa* до 12 см, *P. arietina* до 11 см, у *P. mlokosewitschii* до 10 см, у *P. lactiflora* f. *rosea*, *P. obovata* до 8,5 см, у *P. officinalis* до 7 см, у *P. peregrina*, *P. caucasica* и *P. lactiflora* до 5 см. Вместе с этим возрастает ширина центрального листочка у *P. arietina*, *P. mlokosewitschii* до 3,5 см, у *P. coriacea*, *P. tomentosa* до 4 см, *P. obovata* до 5,5 см. У видов с более рассечёнными листочками при увеличении ширины каждого листочка ширина сегмента не возрастает из-за увеличения числа сегментов и долей. Самые узкие сегменты (доли, лопасти) характерны для j-особи *P. peregrina* – 3 мм.

В **имматурное возрастное** состояние особи переходят на второй или третий год после посева. При этом увеличивается число листьев до 2-х (у *P. tomentosa* встречаются и с 1 листом). У *P. obovata*, *P. tomentosa* при этом

степень рассечения листочков увеличивается незначительно – до 6, но резко возрастают размеры листа до 6,0–7,0 см в длину и до 13,0 см в ширину, в том числе ширина центральной доли (сегмента) – до 4,5–5,5 см. Длина черешка – 3,5–4,0 см – у *P. coriacea*, 7,0–9,0 см у *P. obovata*. У *P. coriacea* наряду с увеличением размеров листа резко возрастает степень рассечения сложного листа до 10–18 долей (сегментов), в среднем – $14,4 \pm 1,8$. При этом размеры листа возрастают в длину до 12–19 см (в среднем до $15,6 \pm 1,2$ см), в ширину до 18–30 см (в среднем до $23,4 \pm 2,2$ см). Длина черешка возрастает до 6,5–8,0 см. У *P. peregrina* число долей возрастает до 18–30, длина листа до 12 см, ширина до 16 см.

Переход к **виргинильному состоянию** происходит на третий – четвёртый год после посева. Происходит образование удлинённого побега. У *v1* – наряду с удлинёнными побегами сохраняются розеточные, у *v2* все побеги удлинённые, значительно большей высоты по сравнению с *v1*.

У *v*-особей *P. obovata* 2 удлинённых побега высота 2 см, каждый из 2-х метамеров, общее число листьев – 4. Лист дважды тройчатый, из 9 долей (каждый листочек рассечён на 3 сегмента). Длина листа 11,0–13,0 см, ширина 18,0 см, в том числе ширина доли 5,5–6,5 см, длина черешка – 8–10 см, черешочка – 4–5 см.

У *P. coriacea* ***v1*-особи** имеют 2 побега, один из которых удлинённый высотой 2 см из 3-х метамеров. Общее число листьев у особи 5. Лист дифференцирован на 10–11 долей. Длина листовой пластинки (вместе с черешочком) 13–16 см, шириной 19,0–25,0 см, в том числе ширина доли 4,5–5,5 см. Длина черешка – 9,0 см, черешочка – 4,0–5,0 см. зацвёл на 4-й год после посева семян.

Взрослые виргинильные особи (*v2*) формируют 2–3 удлинённых побега, общее число листьев 4–5 шт (в среднем $4,4 \pm 0,3$), высотой от 9,0 до 20,0 см (в среднем $13,4 \pm 1,8$ см). Размеры листа увеличиваются до 15,0–24,0 см в длину (в среднем $18,8 \pm 1,3$ см), до 22,0–32,0 (в среднем $26,0 \pm 1,7$ см) в ширину, в том числе ширина доли составляет от 2,5 до 3,8 см (в среднем

3,0±0,2 см). Число долей листа варьирует от 16 до 20, в среднем 17,7±0,6. Длина черешка – 6,5–8,0 см (в среднем 6,9±0,2 см), черешочка – от 5,5 до 8,5 (в среднем 6,7±0,4 см).

У *P. tomentosa*, часть особей которого в 2022 г. перешли к виргинильному состоянию, произошла задержка в развитии из-за влияния муравьёв, поселившихся в корнях. Удлинённых побегов не сформировалось.

У *P. peregrina* **v-особи** формируют 1–2 побега, один (или оба) из которых удлинённый высотой от 2,0 до 17,0 см (в среднем 8,2±2,7 см). Общее число листьев у особи варьирует от 4 до 9 (в среднем 6,0±0,8). Число лопастей и долей варьирует значительно – от 22 до 61 (в среднем 79,0±8,9). Длина листовой пластинки (вместе с черешочком) 12,0–19,0 см (в среднем 15,9±0,9 см), ширина 18,0–30,0 см (в среднем 24,9±1,4 см), в том числе ширина доли 0,4–0,8 см (в среднем 0,6±0,1 см). Длина черешка – 9,0–12,0 см (в среднем 10,6±0,4 см), черешочка – 4,0–8,0 см (в среднем 6,7±0,6 см).

У кустарникового *P. rockii* прорастание наблюдалось на следующий год после посева. Начальные этапы онтогенеза сходны с травянистыми формами. Проросток имеет тройчатосложный лист, при переходе к ювенильному возрастному состоянию формируется укороченный побег из 2-х листьев с 5 долями размером 4 см в длину и 8 см в ширину, на черешке длиной 4,5 см. Иматурное состояние было непродолжительным, и уже к июню 2021 г (второго вегетационного периода) достигло виргинильного возрастного состояния – представляло собой удлинённый побег высотой 7 см с 2-мя укороченными боковыми побегами с 2 и 4 листьями с 28–33 сегментами длиной 20 см, шириной до 30 см, в том числе шириной центрального сегмента 5 см, на черешках длиной около 12 см. В течение следующего года высота побегов увеличилась до 22 см, диаметр до 12 мм, число листьев до 7.

Виргинильное состояние наблюдается и в 2023 г. Высота растения увеличилась до 60 см. Один из двух стволиков погиб. Высота второго – 20 см, у его основания – 6 почек. Из пазушных почек единственного

одревесневшего стволика в этом году образовались 4 дочерних побега высотой от 3 до 40 см с 4–8 метамерами. Общее число листьев растения – 26. Листья крупные от 20 до 30 см в длину, от 26 до 45 см в ширину. Длина черешка 13–14 см, черешочка – 8–12 см. Лист расчленён на 34–46 долей шириной 2,0–2,6 см.

Таблица 8 – Морфометрические показатели некоторых видов рода *Raeonia* L. на прегенеративном этапе онтогенеза

Возрастное состояние (дата)	Число листьев	Число (долей) сегментов листа	Длина черешочка. см	Длина черешка. см	Длина листа, см	Ширина центральной доли (сегмента)*. см	Ширина листа, см
<i>P. arietina</i>							
p (12.09.2022)	1	3,0±0,0	0.1	2,7±0.1 (2,0–3,0)	3,2±0,3 (3,0–3,5)	1,8±0.1 (1,6–2,0)	6,3±0,7 (5,0–7,0)
p (3.05.2023)	1	3,0±0,5	0.1	3,3±0.5 (2,0–4,0)	2,1±0,3 (1,5–3,0)	1,1±0.1 (1,0–1,2)	3,5±0,5 (3,0–5,0)
j (3.05.2023)	2	4,0	0.2	8,0	5,0	3,5	11,0
<i>P. obovata</i>							
p (3.05.2023)	1	3	0.1	3,0	2,2	1,5	5,0
j (3.05.2023)	2	3	0.1	3,7±0.3	2,2±0.2	1,1±0.2	4,2±0.4
j (3.09.2020)	1	3	0.1	3,1±0.5	3,2±0.2	1,8±0.1	6,5±0.5
j (3.06.2021)	1–2	3,6±0,3 (3–5)	0.1	3,5±0.3	3,0±0,5 (2,0–4,5)	3,0±0,5 (2,0–4,0)	8,5±0,9
im (12.09.2022)	2	3–6	0,3–1,5	7,0–9,0	6,5	5,5	13,0
im (10.05.2023)	4	5–6	2,0–3,0	8,0	8,0–9,0	5,0–6,0	13,0–15,0
v (10.05.2023)	4	9	4,0–5,0	8,0–10,0	11,0–13,0	5,5–6,5	18,0
<i>P. coriacea</i>							
j (3.09.2020)	2	3	0.2	1,3±0.2	3,2±0.2	2,0±0.2	7,0±0.8
j (3.06.2021)	1–2	5	0.2	1,5±0.2	5,0±0.6	4,0±0.3	12,0
im (12.09.2022)	2	14,4±1,8 (10,0–18,0)	0,6±0,1 (0,4–0,7)	7,0±0,5 (6,5–8,0)	15,6±1,2 (12–19)	4,0±0,3 (3,5–5,0)	23,4±2,2 (18,0–30,0)
v (12.09.2022)	3	17		8,0	15,0		19,0
v1 (10.05.2023)	5	10–11	5,0	9,0	13–16	4,6–5,6	19,0–25,0
v2 (10.05.2023)	4,4±0,3 (4–5)	17,7±0,6 (16–20)	6,7±0,4 (5,5–8,5)	6,9±0,2 (6,5–8,0)	18,8±1,3 (15,5–24,0)	3,0±0,2 (2,5–3,8)	26,0±1,7 (22–32)
<i>P. tomentosa</i>							
j (3.09.2020)	1	3	0.1	3,1±0.5	3,2±0.2	1,8±0.1	6,5±0.5
j (3.06.2021)	1–2	3,6±0,4 (3–5)	0.1	3,5	3,2±0.2 (3,0–3,5)	3,3±0.2 (2,0–4,5)	9,0
im (12.09.2022)	1–2	6	1,0–1,5	3,5–4,0	7,0	4,5	13,0
v1 (12.09.2022)	2	9	4,0	7,5	11,5	4,5	17,0
im** (10.05.2023)	2–5	3,6±0,4 (7–9)	2,6±0,5 (1–4)	5,1±0,8 (4–8)	8,2±0,5 (7–9)	4,4±0,5 (2,8–5,5)	13,4±0,9 (10,0–15,0)
<i>P. rockii</i>							
j (3.09.2020)	2	5	0.3	4,5	4,0	2,2	6,0
v (24.05.2021)	6	30,7±1,4 (28–33)	0,5	8,0	15,0	5,0	18,0

Продолжение таблицы 8

v (12.09.2022)	7	35	0,8	12,0	20,0	5,0	30,0
v (10.05.2023)	26	38,0±4,0 (34–46)	9,7±0,3 (8,0–12,0)	13,7±1,4 (13–14)	24,3±3,0 (20–30)	2,4±0,2 (2,0–2,6)	34,3±5,6 (26–45)
<i>P. peregrina</i>							
p (3.05.2022)	1	3	0,1–0,2	1,0	2,2	0,7	2,1–3,8
j (3.05.2023)	1	10,5±4,5 (10–21)	0,1–0,5	3,2±0,2 (3,0–3,5)	2,5±0,2 (2,0–2,5)	0,3±0,0 (0,3–0,3)	5,0±0,1 (4,9–5,1)
im (3.06.21)	1–2	18–30	1,0–2,0	5,0–7,0	12,0	0,5	16,0
v (10.09.2021)	2–5	33–56	3,0–7,0	8,0–9,0	15,0–18,0	0,6	21,0–28,0
v (12.09.2022)	2,6±0,4 (2–5)	41,3±5,0 (22–61)	6,2±0,5 (3,5–8,0)	9,1±1,1 (7,0–15,0)	13,3±0,9 (9,0–17,0)	0,6±0,1 (0,4–0,8)	21,0±1,3
v (10.05.2023)	6,0±0,8 (4–9)	79,0±8,9 (22–61)	6,7±0,6 (4,0–8,0)	10,6±0,4 (9,0–12,0)	15,9±0,9 (12,0–19,0)	0,6±0,1 (0,4–0,8)	24,9±1,4 (18,0–30,0)
<i>P. mlokosewitschii</i>							
p (3.05.2022)	1	3	0,1	3,8±0,4 (1,5–4,5)	2,5±0,3 (2,0–3,5)	1,3±0,1 (1,0–1,5)	4,3±0,2 (4,0–5,0)
p (12.09.2022)	1	3	0,2	1,0	4,0	2,2	6,5
j (3.05.2023)	1	3	0,5	5,0	5,0	3,5	10,0
<i>P. officinalis</i>							
p (3.05.2023)	1	3,3±0,3 (2,0–5,0)	0,1	2,8±0,5 (2,0–4,5)	2,7±0,3 (1,5–4,0)	1,4±0,3 (0,6–1,5)	4,9±0,5 (2,0–7,0)
p (12.09.2022)	1	6	0,1	3,3	3,5	2,0	6,0
j (3.05.2023)	2	3,5±0,3 (3,0–5,0)	0,2	2,9±0,4 (2,5–4,5)	3,2±0,3 (2,5–4,0)	1,7±0,3 (1,2–2,0)	5,5±0,5 (3,0–7,0)
<i>P. lactiflora</i> f. <i>rosea</i>							
p (3.05.2023)	1	4–5	0,1	3,0±0,4	2,0–2,5	1,0	5,0–6,0
p (12.09.2022)	1	4	0,2	2,5	4,0	4,0	9,0
j (3.05.2023)	1	12	0,5	9,0	4,0	1,5	8,0
<i>P. lactiflora</i>							
p (3.05.2023)	1	4–5	0,1	1,5–4,0	1,0–2,5	0,5–1,0	4,5–5,0
j (3.05.2023)	2	5	0,2	4,0	2,5	1,0	5,0
<i>P. caucasica</i>							
p (3.05.2023)	1	3	0,1	3,6±0,3 (3,0–4,0)	3,0±0,1 (3,0–3,2)	1,9±0,1 (1,5–2,5)	6,2±0,4 (5,0–7,0)
j (3.05.2023)	2	3	0,2	3,0	2,5	2,2	5,0

* - для тройчатосложных листьев с цельными листовыми пластинками

– ширина листочка

** - возврат к имматурному состоянию из-за муравьёв

3.5. Интродукционная оценка видов рода *Paeonia* L.

Для интродукционной оценки видов рода *Paeonia* L., достигших генеративного возрастного состояния, была взята за основу 7-балльная шкала В.В. Бакановой. Если использовать только те 6 признаков, которые положены в её основу, то как **высокоустойчивые (6 баллов)** могут быть оценены *P. anomala*, *P. lactiflora*, *P. lactiflora rosea*. Численность

генеративных особей постоянно в течение последних 3 (*P. lactiflora*, *P. lactiflora rosea*) – 15 лет (*P. anomala*) лет, зимостойкость высокая, в отличие, например, от *P. caucasica*, который демонстрировал высокую зимостойкость зимой 2020–2021 и 2021–2022 гг., однако в последнюю зиму один из экземпляров вышел из под снега очень ослабленным, и не образовал бутонов. Эти виды хорошо перенесли летние периоды без полива, для них характерна высокая семенная продуктивность, благодаря чему численность коллекции можно поддерживать без использования семенного материала извне, единичный самосев, хорошая всхожесть семян. Однако, можно снять 0,5 балла *P. lactiflora* из-за сильной подверженности неизвестной инфекции, поразившей его цветки в 2021 г. Требуется дальнейший мониторинг и диагностика заболевания, если оно ещё повторится.

Как устойчивые (5 баллов) могут быть оценены *P. mlokosewitschii* и *P. officinalis*. По зимостойкости и засухоустойчивости они не отличаются от видов предыдущей группы, но не дают самосева. В условиях ботанического сада они формируют выполненные семена, однако требуется уточнить, сохраняют ли растения, полученные из этих семян, признаки вида, или являются гибридами, возникшими в результате перекрёстного опыления с другими видами пионов. Предварительно, если судить по морфологическим признакам проростков и ювенильных растений, выросших из местных семян, видовые признаки сохраняются, но для объективного вывода необходимо дождаться момента перехода к генеративному состоянию. *P. mlokosewitschii* представлен в коллекции единственным экземпляром генеративного возраста, поэтому увеличение числа экземпляров данного вида – первоочередная задача.

Как среднеустойчивые (4 балла) мы оцениваем *P. caucasica* и *P. tenuifolia*. За последние 3 года число особей *P. tenuifolia* снизилось на 2 особи – с 12 до 10. С одной стороны, он существует в коллекции более 30 лет, с другой стороны, в результате переопыления пылью *P. anomala* эти особи образуют семена гибридов, таким образом, невозможно их

использовать для поддержания численности в коллекции *P. tenuifolia*. Кроме того, все поступающие последние 4 года семена из разных ботанических садов не всходили, поэтому в результате дальнейшего старения особей данный вид может исчезнуть из коллекции.

Остальные виды пионов можно оценить с использованием 7-балльной шкалы В.В.Бакановой только после достижения ими генеративного возрастного состояния на 3–5 год после начала цветения.

Оценка декоративности пионов может производиться на основании таких признаков, как габитус куста, высота побегов, положение побегов при цветении, число цветков, диаметр цветка, продолжительность цветения, цвет лепестков.

Генеративные особи пионов образуют на территории Пензенского ботанического сада крупные цветки диаметром от 8 до 13 см розового (*P. anomala*, *P. officinalis*, *P. caucasica*, *P. lactiflora* f. *rosea*), красного (*P. tenuifolia*, *P. peregrina*), бледно-жёлтого (*P. mlokosewitschii*), белого цвета (*P. lactiflora*). *P. tenuifolia* формирует цветки меньшего размера от 4 до 7, в среднем 5,4 см. Размер цветков – довольно устойчивый признак: диаметр цветков в 2021 г. и в 2022 г. был примерно одинаковым.

Число цветков на 1 растении подвержено более значительному варьированию, которое для видов стародавней интродукции носит характер флуктуаций. *P. anomala* в 2022 г. образовал на 20% больше цветков, чем в 2021, а *P. tenuifolia*, наоборот, примерно на 20% цветков больше на каждом кусте сформировал в 2021 г.

Для *P. caucasica*, *P. mlokosewitschii* *P. officinalis* характерно двукратное увеличение числа цветков на растении в 2022 г. по сравнению с 2021 г. по причине взросления молодых генеративных органов. У *P. lactiflora* и *P. lactiflora* f. *rosea* число цветков в разные годы было примерно одинаковым.

Наибольшее число цветков образуют *P. lactiflora* и *P. lactiflora* f. *rosea* (в среднем 30–50). У *P. lactiflora* растения сильно отличаются по

жизненности, поэтому число цветков у особей варьировало от 6 до 84. Такое значительное число цветков у *P. lactiflora* и *P. lactiflora* f. *rosea* связано с тем, что они формируются не только из верхушечных почек побегов, но из боковых. Однако, под их тяжестью побеги полегают, что снижает декоративность кустов в период цветения и требует для сохранения этой декоративности проводить дополнительные работы по закреплению побегов в вертикальном положении.

Значительное число цветков формируют особи *P. anomala*, что в сочетании с большим размером цветков и высокорослостью кустов с высотой побегов $85,7 \pm 2,1$ см придают им большую декоративность и эффектность. Менее высокорослые пионы также обладают высокой декоративностью и в период цветения, и после, за счёт крупных дважды тройчатосложных листьев (*P. caucasica*, *P. mlokosewitschii*), и листьев с большей степенью рассечения.

Таблица 9 – Морфометрические признаки генеративных особей видов рода *Paeonia* L., определяющих их декоративные свойства

	Кол-во побегов	Высота побегов см	Общее количество цветков	Диаметр цветка, см	Махровость (число лепестков)
2021 г.					
<i>P. tenuifolia</i>	$9,8 \pm 1,8$	$54,2 \pm 2,4$	$9,8 \pm 1,8$	$5,4 \pm 0,3$	$8,3 \pm 0,2$
<i>P. anomala</i>	$12,3 \pm 1,2$	$68,0 \pm 1,2$	$15,0 \pm 4,0$	$9,3 \pm 0,3$	$8,3 \pm 0,2$
<i>P. caucasica</i>	$2,2 \pm 0,0$	$39,2 \pm 4,1$	$3,0 \pm 0,5$	$11,0 \pm 0,7$	$5,0 \pm 0,0$
<i>P. mlokosewitschii</i>	8	$61,0 \pm 2,4$	8	$9,8 \pm 0,3$	$7,2 \pm 0,2$
<i>P. officinalis</i>	$3,5 \pm 0,7$	$50,7 \pm 0,7$	$4,8 \pm 1,0$	$6,2 \pm 0,2$	$8,0 \pm 0,2$
<i>P. lactiflora</i>	$6,5 \pm 1,7$	$55,2 \pm 2,8$	$49,8 \pm 4,7$	$8,5 \pm 0,3$	$8,5 \pm 0,3$
<i>P. lactiflora rosea</i>	$4,7 \pm 0,7$	$64,9 \pm 2,3$	$32,3 \pm 3,6$	$12,9 \pm 0,3$	$10,0 \pm 0,9$
2022 г.					
<i>P. tenuifolia</i>	$7,5 \pm 1,8$	$47,2 \pm 1,6$	$7,5 \pm 1,8$	$5,4 \pm 0,3$	$8,3 \pm 0,2$
<i>P. anomala</i>	$19,3 \pm 8,3$	$78,7 \pm 1,2$	$19,3 \pm 8,3$	$9,0 \pm 0,2$	$8,0 \pm 0,3$
<i>P. caucasica</i>	$6,7 \pm 0,9$	$61,4 \pm 2,6$	$6,7 \pm 0,9$	$11,5 \pm 0,7$	$5,5 \pm 0,5$
<i>P. mlokosewitschii</i>	16	$69,0 \pm 0,5$	16	$9,0 \pm 0,4$	$7,0 \pm 0,3$
<i>P. officinalis</i>	$10,9 \pm 2,0$	$53,0 \pm 2,5$	$10,3 \pm 1,9$	$6,5 \pm 0,3$	$8,5 \pm 0,4$
<i>P. lactiflora</i>	$9,5 \pm 1,7$	$65,2 \pm 4,2$	$36,8 \pm 8,8$	$8,6 \pm 0,3$	$8,3 \pm 0,2$
<i>P. lactiflora rosea</i>	$7,0 \pm 0,7$	$68,1 \pm 3,3$	$45,7 \pm 3,4$	$11,3 \pm 0,3$	$9,0 \pm 0,9$

Таким образом, с учётом всего выше сказанного, можно дать следующие рекомендации по выращиванию пионов в условиях

Пензенской области. Виды *P. caucasica*, *P. mlokozewitschii*, *P. lactiflora*, *P. lactiflora* f. *rosea*, *P. anomala*, *P. officinalis*, *P. tenuifolia* могут быть рекомендованы для культивирования на среднесуглинистых и тяжелосуглинистых хорошо оструктуренных почвах. Семена можно сеять весной (в мае) или осенью (в августе) на глубину около 1,5–2,0 см на расстоянии около 8–10 см друг от друга. В течение первого и второго вегетационного сезона после посева работы по уходу включают удаление сорняков и рыхление междурядий для предотвращения образования корки и дренирования. Двухлетние растения, достигшие имматурного состояния, можно пересаживать на постоянное место – открытое, или слегка притенённое. Расстояние между растениями для зависит от вида *P. anomala*, *P. lactiflora*, *P. lactiflora* f. *rosea* – не менее 80 см, *P. caucasica*, *P. mlokozewitschii*, *P. officinalis* – не менее 65 см, *P. tenuifolia* – не менее 50 см. Через 2 года можно ожидать перехода к генеративному состоянию в случае создания оптимальных условий (отсутствие сильного затенения, хорошее дренирование почвы и отсутствие застоя влаги, достаточное количество элементов минерального питания в почве). В первый год после начала цветения (и в последующие 2–3 года) завязи после цветения лучше удалять для более быстрого достижения особями зрелого генеративного состояния. Размножение *P. tenuifolia* семенным путём затруднительно, можно использовать вегетативное размножение – деление куста.

ВЫВОДЫ

1. Анализ подходов к оценке успешности интродукции многолетних травянистых растений **показал**, что наиболее информативен подход В.В. Бакановой, базирующийся на таких признаках, как засухоустойчивость и зимостойкость, способность к образованию семян в условиях культуры.

2. **Освоены методы** интродукционной оценки по 7-балльной шкале В.В. Бакановой и дополняющие их методы изучения онтогенеза, фенологических наблюдений, статистические методы.

3. **Показано**, что за период с 2021 г. по 2023 г. неудачно закончились интродукционные испытания *P. delavayi*, *P. ×suffruticosa*. Уменьшилась численность *P. obovata*, *P. coriacea*, *P. tomentosa*, снизилась жизненность нескольких особей *P. peregrina* и *P. caucasica* из-за вымокания в зимний период. Увеличилась численность особей *P. officinalis*, *P. mlokosewitschii*, *P. lactiflora*, *P. lactiflora* f. *rosea* за счёт вторичной интродукции. Введены в коллекцию *P. arietina*, *P. mascula*. Посеяны семена *P. oreogeton*, *P. wittmanniana*, *P. daurica*. Из 18 видов, включённых в интродукционную работу, 8 видов достигли генеративного, 4 – виргинильного, 1 – имматурного состояния, 2 – на стадии проростка и ювенильных особей, 3 – на стадии семян, перезимовавших в почве.

4. **Установлено**, что наиболее уязвимым периодом онтогенеза пионов является прегенеративный, что обусловлено растянутым периодом прорастания семян, значительным отпадом молодых растений в первые 2–3 года жизни. Установлены различия во всхожести семян разных видов, в том числе полученных от генеративных особей Пензенского ботанического сада. Установлена семенная продуктивность 7 видов пионов.

5. **Выявлена лабильность фенологического развития** видов пионов разных возрастных состояний в связи с флуктуациями погодных условий; установлены сроки отрастания побегов, цветения.

6. Показано, что по комплексу признаков достигшие генеративного состояния *P. anomala*, *P. lactiflora*, *P. lactiflora rosea* высокоустойчивы (6 баллов по шкале В.В. Бакановой) к местным условиям, *P. mlokosewitschii* и *P. officinalis* – устойчивы (5 баллов), *P. tenuifolia* и *P. caucasica* – среднеустойчивы (4 балла).

7. Разработаны практические рекомендации для культивирования ряда видов рода *Paeonia* L. в условиях Пензенской области как декоративных растений и с целью сохранения генофонда редких видов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ahmad F., Tabassum N., Rasool S. Medicinal uses and phytoconstituents of *Paeonia officinalis* // International Research Journal of Pharmacy. 2012. Vol. 3 (4). P. 85–87.
2. Ahmad F., Tabassum N. Preliminary phytochemical, acute oral toxicity and antihepatotoxic study of roots of *Paeonia officinalis* Linn. // Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 2013. Vol. 3 (1). P. 64–68.
3. Grime J.P. Plant strategies and vegetation processes. Chichester: John Wiley and Sons, 1979. 222 p
4. Halda J.J. The genus *Paeonia*. Portland: Timber Press / Heartland Peony Society. 2004. 227 p.
5. The Plant List [Электронный ресурс]: Published on the Internet. 2015. - URL: <http://www.theplantlist.org>.
6. Wister J.C. The Peonies. Washington: American Peony Society, 1995. 220 p.
7. Аврорин Н.А. Переселение растений на Полярный Север: эколого-географический анализ. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. 286 с.
8. Аврорин Н. А. Эколого-статистические методы в интродукции // Успехи интродукции растений. М. : Наука, 1973. С. 102–113.
9. Амельченко В. П. Редкие и исчезающие растения Томской области (анатомия, биоморфология, интродукция, реинтродукция, кариология, охрана). Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2010. 238 с.
10. Андреев Г.Н. Об уровнях жизненности интродуцентов. Ботанические исследования в Субарктике. Апатиты: Изд-во КФ АН СССР, 1974. С. 61–70.
11. Андреева В.Н., Похилько А.А., Филиппова Л.Н., Царева В.Т. Семейство Раеониасеае – Пионовые. Пион уклоняющийся // Биологическая флора Мурманской области. Апатиты, 1984. С. 8–32.

12. Анищенко Л.В. Декоративные лекарственные растения в дизайне сада. М., Ростов-на-Дону: МарТ, 2005. 128 с.
13. Базилевская Н. А. Теории и методы интродукции растений М.: Изд-во Московского университета, 1964. 130 с.
14. Баканова В. В. Цветочно-декоративные многолетники открытого грунта. Киев: Наукова думка, 1984. 155 с.
15. Батыгина Т.Б. Васильева В.Е. Размножение растений. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002. 232 с.
16. Булах П. Е. Интродукционный прогноз и его количественная оценка // Бюллетень Главного ботанического сада. 2000. Вып. 180. С. 15–18.
17. Былов В.Н. Тимохин В.И. Интродукция гибридных пионов // Цветоводство. 1973. №6. С. 8.
18. Виравча Л.Л., Ворсина А.А., Носатенко О.Ю. Интродукция рода *Paeonia* L. Российского Дальнего Востока в Кольскую Субарктику // Растения в муссонном климате: антропогенная и климатогенная трансформация флоры и растительности. Материалы VIII научной конференции (Благовещенск, 18–21 сентября 2018 г.) 2018. С. 39–42.
19. Волкова Г., Моторина В. Итоги интродукции видов и сортов рода *Paeonia* L. в Республике Коми // Вестник ИБ. 2008. №9. С. 10–13.
20. Встовская Т. Н. Древесные растения - интродуценты Сибири (*Spiraea* - *Weigela*) / Т. Н. Встовская. Новосибирск: Наука, 1987. 272 с.
21. Вульф Е. В. Введение в историческую географию растений. М.-Л.: Сельхозгид, 1933. 415 с.
22. Вяль Ю.А., Квашина О.А. Активность некоторых ферментов в почвах Пензенского ботанического сада им. И. И. Спрыгина // Биоразнообразие: проблемы и перспективы сохранения: Материалы Международной научной конференции, посвященной 135-летию со дня рождения И. И. Спрыгина (Пенза, 2008). Пенза: ПГПУ, 2008. С. 181–183.
23. Вяль Ю.А., Шиленков А.В. Ферментативная активность и агрохимические свойства почв Пензенского ботанического сада Известия

ПГПУ им. В.Г. Белинского. Естественные науки. Пенза: ПГПУ, 2008. №10(14). С. 26–32.

24. Гайшун В.В. Виды рода пион: результаты интродукции и перспективы использования // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов. Материалы 3 международной научно-практической конференции, посвященной 11-летию со дня рождения академика Н.В. Смольского. Минск, Конфидо, 2015. С. 312–314.

25. Головкин Б.Н. Культигенный ареал растений. М.: Наука, 1988. 184 с.

26. Головкин Б.Н. Переселение травянистых многолетников на Полярный Север: Эколого-морфологический анализ Л., 1973. 268 с.

27. Горобец В. Ф. Пионы (биология, селекция, сорта). Киев: Велес, 2015. 160 с.

28. Губаненко Г.А., Морозова Е.В. Исследование антиоксидантных свойств пиона уклоняющегося в производстве отделочных полуфабрикатов // Ползуновский вестник. 2012. № 2 (2). С. 224–227.

29. Елисафенко Т.В. Род *Viola* L. в Сибири (биология, сохранение видового разнообразия): дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 2018. 683 с.

30. Ельчининова О. А. Бодрощева С.В., Горемыкина Н.А. Семенная продуктивность пиона уклоняющегося (*Paeonia anomala* L.) в местах естественного обитания в условиях Горного Алтая // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. Биология. Экология. 2018. Т. 50, № 3. С. 38–45.

31. Ефимов С.В. К вопросу изучения и оценки морфолого-биологических и декоративных признаков пиона при интродукции // Вестник ИрГСХА. 2011. № 44–4. С. 41–48.

32. Интродукция растений природной флоры Сибири Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2017. 495 с.

33. Исетова В.С., Лушникова Т.А. Оценка морфологических признаков пионов (*Paeonia* L.) при интродукции в условиях ботанического сада Курганского Государственного Университета //XVI Зыряновские чтения: сб. науч. ст. по материалам XVI Всеросс. науч.-практ. конф. «XVI Зыряновские чтения» (Курган, 06-07 декабря 2018 г.). 2018. С. 87–89.
34. Карписонова Р.А. Травянистые растения широколиственных лесов СССР: эколого-флористическая и интродукционная характеристика. М.: Наука, 1985. 205 с.
35. Карпун Ю. Н. Основы интродукции растений // Hortus botanicus.- 2004. Т. 2. С. 17–32.
36. Комина О.В. Биологические особенности некоторых видов рода *Paeonia* L. при интродукции в лесостепной зоне Западной Сибири. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. – Новосибирск, 2014. 199 с.
37. Комина О.В. Интродукция редкого вида *Paeonia oreogeton* S. Moore в условиях лесостепной зоны Западной Сибири // Сборник научных трудов ГНБС. 2017. Том 145. С. 64–67.
38. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Р. В. Камелин. М.: КМК, 2008. С. 422–429.
39. Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений: учебник для вузов. М.: «Высшая школа», 2006. 742 с.
40. Куприянов А. Н. Основы интродукции растений: учебное пособие. Барнаул: Изд-во Алтайского госуниверситета, 1999. 80 с.
41. Куприянов А. Н. Теория и практика интродукции растений: учебное пособие. Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2013. 160 с.
42. Лапин П.И. О терминах, применяемых в исследованиях по интродукции и акклиматизации растений // Бюллетень Главного ботанического сада. 1972. Вып. 83. С. 10–18.

43. Лапин П.И. Сиднева С.В. Определение перспективности растений для интродукции по данным фенологии // Бюллетень Главного ботанического сада АН СССР. 1968. Вып. 69. С. 14–21.
44. Лапин П. И., Сиднева С. В. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. М., 1973. С. 7–67.
45. Мазуренко М.Т., Хохряков А.П. Вегетативное размножение растений в связи с интродукцией // Бюллетень Главного ботанического сада АН СССР. 1971. Вып. 79. С. 26–33.
46. Мамонтова Е.Н., Васильева Е.И., Рузаева И.В. Сохранение редких растений в Ботаническом саду Самарского государственного университета // Самарская Лука: Бюл. 2007. Т. 16. № 1–2(19–20). С. 58–75.
47. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР/ Под ред. Лапина П.И. М.: ГБС АН СССР, 1975. 28 с.
48. Миронова Л.Н., Реут А.А. Интродукция видов рода пион (*Paeonia* L.) в Башкортостане. // Проблемы ботаники в Южной Сибири и Монголии. VI Международная научно-практическая конференция. 2007. С. 260–262.
49. Миронова Л.Н., Реут А.А. Интродукция и сохранение редкого вида России *Paeonia tenuifolia* L. в условиях ex situ // Интеграция ботанических исследований и образования: традиции и перспективы. Труды Международной научно-практической конференции, посвящённой 125-летию кафедры ботаники. 2013. С.118–120.
50. Миронова Л.Н., Реут А.А. Итоги интродукции и сохранения в условиях ex situ редкого вида флоры России *Paeonia lactiflora* Pall // Известия Уфимского научного центра РАН. 2015. 4 (1). С. 101–104.
51. Миронова Л.Н., Реут А.А. Пионы. Коллекции Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН. Уфа: Башк. Энциклопедия, 2017. 152 с.

52. Медведев В.А., Ильенко А.А. Выбор критериев для оценки степени успешности интродукции с позиций системного подхода и адаптивной стратегии растений // Интродукция растений. 2014. № 4. С. 3–11.
53. Минаева В.Г. Лекарственные растения Сибири. Новосибирск: Наука, 1970. 272 с.
54. Некрасов В.И. Актуальные вопросы развития теории акклиматизации растений. М.: Наука, 1980. 279 с.
55. Некрасов В.И. Понятия, термины, методы и оценка результатов работы по интродукции растений. М.: Совет ботанических садов СССР, 1971. 11 с.
56. Немирович-Данченко Е.Н. Пионовые. Жизнь растений в 6 т. / Под ред. А.Л. Тахтаджяна. Т. 5(2). М.: Просвещение, 1981. С. 16–18
57. Пион уклоняющийся (Марьин корень) // Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР // Под ред. П. С. Чикова. М.: Картография, 1983. 340 с.
58. Плотникова Л.С. Научные основы интродукции и охраны древесных растений флоры СССР. М.: Наука, 1988. 262 с.
59. Половникова Г.М. Экофизиология стресса. Йошкар-Ола: Изд-во Марийского государственного университета, 2010. 112 с.
60. Пунина Е.О. Род *Raemonia* (Raeoniaceae) в России и на сопредельных территориях: ревизия с использованием методов кариосистематики и молекулярной систематики // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: материалы Всерос. конф. Петрозаводск, 22–27 сент. 2008 г. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. Ч. 3. С. 68–71.
61. Работнов Т.А. Методы определения возраста и длительности жизни у травянистых растений // Полевая геоботаника. М.- Л.: АН СССР, 1960. Т. 2. С. 141–149.

62. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства *Raeoniaceae* – *Thymelaeaceae*. / Под ред. П.Д. Соколова. Л: Наука, 1986. С. 7–11.

63. Реут А.А., Миронова Л.Н. Опыт интродукции *Paeonia anomala* L. // Вестник ОГУ. 2009. №6. С. 310–313.

64. Реут А.А., Миронова Л.Н. Аминокислотный состав семян некоторых представителей рода *Paeonia* L. при интродукции в Республике Башкортостан // Материалы Международной научной конференции, посвященной 85-летию Центрального ботанического сада НАН Беларуси (6–8 июня 2017 года, г. Минск). Минск: Медисонт, 2017. С. 103–105.

65. Реут А.А., Миронова Л.Н. Грунтовая всхожесть семян редких видов рода *Paeonia* L. при интродукции в Башкирском Предуралье. Известия Уфимского научного центра РАН. 2017. 3(1). С. 189–192.

66. Реут А.А., Миронова Л.Н. Итоги интродукции и сохранения в условиях *ex situ* редкого вида республики Башкортостан *Paeonia hybrida* Pall // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2015. Т.176. №2. С. 187–196.

67. 61. Реут А.А., Миронова Л.Н. Морфометрические особенности представителей рода *Paeonia* L. при интродукции в лесостепной зоне Башкирского Предуралья // Бюллетень Брянского отделения РБО. 2013. №2 (2). С. 3–8.

68. Ростовцева М.В., Можаяева Г.Ф., Рытикова О.В. Пензенский ботанический сад: сто лет истории в фотографиях. Пенза: Изд-во ПГУ, 2017. 80 с.

69. Русанов Ф.Н. Новые методы интродукции растений // Бюллетень Главного ботанического сада АН СССР. Вып.7. М.-Л. 1950. С 28–36

70. Серебряков И. Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. Л.: Наука, 1964. Т. 3. С. 146–205

71. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. М.: Высшая школа, 1962. 378 с.

72. Серебрякова Т. И. Учение о жизненных формах растений на современном этапе // ВИНТИ. 1972. Т. 1. С. 84–169
73. Соболевская К. А. Материалы к флорогенезу при интродукции растений природной флоры // Перспективные полезные растения флоры Сибири. Новосибирск, 1973. С. 3–18.
74. Соколов С. Я. Современное состояние теории акклиматизации и интродукции растений. Интродукция растений и зеленое строительство // Труды ботанического института АН СССР. 1957. Т. 6. № 5. С. 34–42.
75. Ткаченко К.Г. Древовидные пионы в китайских садах // В мире растений. № 5. 2009. С. 28–33.
76. Ткаченко К.Г. Интродукция некоторых видов рода *Paeonia* L. флоры Кавказа в Ботаническом саду Петра Великого // Известия Горского государственного аграрного университета. 2015. Т.52. № 1. С. 267–273.
77. Тимофеев-Ресовский Н. В. Микроэволюция: элементарные явления, материал и факторы микроэволюционного процесса // Ботанический журнал. 1958. Т. 43. № 3. С. 317–336.
78. Трулевич Н. В. Эколого-фитоценотические основы интродукции растений. М.: Наука, 1991. 215 с.
79. Тюрина Е. В. Изменение ритма роста и развития *Peucedanum baicalense* (Redow.) С. Koch. в зависимости от экологических условий и при интродукции // Ритмы развития и продуктивность полезных растений сибирской флоры. Новосибирск, 1975. С. 66–77.
80. Тюрина Е.В. Интродукция зонтичных в Сибири. Новосибирск : Наука, 1983. 240 с.
81. Уранов А.А. Возрастной спектр ценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. Науки. 1975. № 2. С. 7–34.
82. Усманов И.Ю., Рахманкулова З.Ф., Кулагин. А.Ю. Экологическая физиология растений. М: Логос, 2001. 224 с.
83. Успенская М.С. Пионы. М.: ЗАО “Фитон+”, 2001. 208 с.

84. Успенская М.С., Мурашев В. В., Криницына А. А. Дрезовидные пионы в ботаническом саду МГУ. М. : Лесная страна, 2016. 104 с.
85. Успенская М.С. Дрезовидные пионы в ботаническом саду МГУ. М.: Лесная страна, 2016. 104 с.
86. Флоря В.Н. Интродукция и акклиматизация растений в Молдавии (лекарственные, витаминоносные, медоносные). Кишинев, 1987. 296 с.
87. Шарова Е.А. Интродукция представителей рода *Paeonia* в условиях Среднего Урала // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: сб. науч. ст. по материалам XVII междунар. науч.-практ. конф. (Барнаул, 24-27 мая 2018 г.) / АлтГУ, Юж.-Сиб. ботан. сад, Алтайское отделение Рус. ботан. о-ва. Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2018. С. 528–530.
88. Шипчинский Н. В., Комаров В. Л. Род 507. Пион – *Paeonia* // Флора СССР: в 30 т. / гл. ред. В. Л. Комаров. М.- Л.: Изд-во АН СССР, 1937. Т. 7 / ред. тома Б. К. Шишкин. С. 792.
89. Шмидт В. М. Математические методы в ботанике. Ленинград: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. 288 с.
90. Шулькина Т. В. Прогнозирование успешности интродукции по данным фенологии // Бюллетень ГБС. 1971. Вып. 79. С. 14–19.
91. <http://www.pogodaiklimat.ru>