

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»

И.М. Морозова

**ОСОБЕННОСТИ
МОРФОЛОГИИ И ПОЛИМОРФИЗМА
ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ**

Монография

*Витебск
ВГУ имени П.М. Машерова
2022*

УДК 582.736:581.4
ББК 28.592.926+28.560
М80

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 1 от 05.10.2022.

Одобрено научно-техническим советом ВГУ имени П.М. Машерова. Протокол № 8 от 05.09.2022.

Автор: доцент кафедры зоологии и ботаники ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат биологических наук, доцент **И.М. Морозова**

Р е ц е н з е н т ы :

главный научный сотрудник лаборатории роста и развития растений ГНУ «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси», член-корреспондент НАН Беларуси, доктор биологических наук, доцент *В.Н. Прохоров*;
декан факультета химико-биологических и географических наук ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат биологических наук, доцент *Т.А. Толкачёва*

Морозова, И.М.

М80 Особенности морфологии и полиморфизма галеги восточной : монография / И.М. Морозова. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2022. – 105 с.
ISBN 978-985-517-948-2.

В монографии представлены исследования некоторых аспектов морфологии галеги восточной в 1-й год жизни, показана шкала роста и развития данной культуры. Изучен полиморфизм растений по фенологическим, морфофизиологическим и биохимическим, а также хозяйственно-ценным признакам, что послужило выделению морфотипов галеги восточной. На основании полученных данных изданы рекомендации по возделыванию галеги восточной на корм и семена.

УДК 582.736:581.4
ББК 28.592.926+28.560

ISBN 978-985-517-948-2

© Морозова И.М., 2022
© ВГУ имени П.М. Машерова, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	9
1.1 Полиморфизм	9
1.2 Биологические и хозяйственные особенности <i>Galega orientalis</i> Lam.	14
1.2.1 Систематическое положение, история культуры и распространение	14
1.2.2 Биологические особенности галеги восточной	19
1.2.3 Отношение галеги восточной к основным факторам среды	20
1.3 Хозяйственная характеристика галеги восточной	22
1.3.1 Формирование семенной продуктивности галеги восточной	23
1.3.2 Питательные (кормовые) достоинства галеги восточной	24
1.3.3 Содержание сухого вещества	25
1.3.4 Содержание фотосинтетических пигментов	25
1.3.5 Содержание азота	26
1.3.6 Содержание белка	26
1.3.7 Содержание аминокислот	27
1.3.8 Накопление витаминов	27
1.4 Белки семян в сортовой идентификации	27
1.5 Внутривидовая изменчивость признаков	29
ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	30
2.1 Объекты исследований	30
2.2 Методы исследований и условия проведения экспериментов ..	30
2.2.1 Методика вегетационных исследований	30
2.2.2 Методика полевых исследований	31
2.3 Биохимические методы	32
2.3.1 Определение содержания сухого вещества	32
2.3.2 Методика определения количества фотосинтетических пигментов	32
2.3.3 Методы определения различных форм азота	33
2.3.4 Методы исследования белков	33
2.4 Метеорологические условия в период проведения опытов	34

ГЛАВА 3 МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ (<i>GALEGA ORIENTALIS</i> LAM.) В ПРОЦЕССЕ РОСТА И РАЗВИТИЯ В 1-Й ГОД ЖИЗНИ	38
ГЛАВА 4 ПОЛИВАРИАНТНОСТЬ ОНТОГЕНЕЗА ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ	47
4.1 Внутривидовая изменчивость галеги восточной по фенологическим признакам	47
4.2 Морфофизиологическая характеристика морфотипов галеги восточной	50
4.2.1 Особенности роста и развития морфотипов галеги восточной	50
4.2.2 Особенности продукционного процесса морфотипов галеги восточной	53
4.2.3 Площадь листьев у морфотипов галеги восточной	57
4.3 Характеристика морфотипов галеги восточной по наличию антоциановой окраски	60
4.4 Внутривидовая изменчивость образцов галеги восточной по форме листочка в сложном листе	62
4.5 Изменчивость галеги восточной по семенной продуктивности ..	63
4.5.1 Семяобразующая способность морфотипов галеги восточной	64
4.5.2 Семенная продуктивность морфотипов галеги восточной	66
4.5.3 Масса 1000 семян	66
ГЛАВА 5 БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОРФОТИПОВ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ	70
5.1 Содержание сухого вещества	70
5.2 Содержание фотосинтетических пигментов	72
5.3 Содержание азота в зеленой массе морфотипов галеги восточной	76
5.3.1 Содержание общего азота	76
5.3.2 Азот небелковый	77
5.3.3 Белковый азот	77
5.4 Содержание белка	78
5.5 Характеристика запасных белков семян	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	87
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	89

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия в мире возрос интерес к галеге восточной (*Galega orientalis* Lam.) как к новой перспективной высокобелковой кормовой культуре. По ряду хозяйственно-ценных признаков она превосходит традиционные кормовые бобовые травы. Галега восточная характеризуется высокой биологической продуктивностью, устойчивостью к болезням и вредителям, зимостойкостью и морозостойкостью, высокими кормовыми качествами, хорошей поедаемостью животными приготовленных кормов, многолетностью использования. Без пересева галега восточная в травостое может сохраняться до 30 лет – такого продолжительного периода использования не имеет ни одна бобовая культура. Важными особенностями этого растения являются также очень раннее отрастание весной и продолжительная вегетация до глубокой осени, что обеспечивает два, а при благоприятных условиях и три укоса. Еще одно преимущество по сравнению с традиционными бобовыми культурами – клевером и люцерной – состоит в устойчивой семенной продуктивности галеги и раннем созревании семян. За счет симбиотической азотфиксации она не только удовлетворяет свои потребности в азоте, но и накапливает его в значительном количестве в почве [104].

Несмотря на то, что галега восточная является эндемиком Кавказа, до настоящего времени мало внимания уделялось всестороннему исследованию исходного материала данной культуры. Известно, что перспективным направлением в решении этой задачи является как можно более полное привлечение и изучение различных популяций вида [54; 77]. Популяционный подход в интродукции перспективных для хозяйственной деятельности человека растений предполагает повышение эффективности селекционной работы за счет всестороннего охвата генофонда вида. На важность для селекции максимального использования местного материала в смысле выделения из него наиболее ценных форм указывал Н.И. Вавилов [14]. Как известно, выяснение структуры популяции является также существенным для понимания тенденции микроэволюционных процессов, познания сущности популяционной биологии вида, а также охраны генофонда [18; 28].

Как правило, в производстве использовался практически один сорт галеги восточной – Гале, выведенный в Эстонском научно-исследовательском институте земледелия и мелиорации и районированный по СССР в 1987 году. В связи с этим изучение полиморфизма галеги восточной, в первую очередь различных образцов из мест естественного ее произрастания, представляет несомненный теоретический и практический интерес.

Данный вид, обладая той или иной степенью внутривидовой изменчивости, содержит ряд форм, которые могут быть интересными для селекционной работы [142]. Поэтому весьма актуальной видится задача выведения

новых сортов с улучшенными количественными и качественными характеристиками, адаптированных к различным почвенно-климатическим условиям. В связи с этим изучение внутривидового разнообразия галеги восточной, в первую очередь различных образцов из мест естественного произрастания, по фенологическим, морфофизиологическим и биохимическим признакам представляет несомненный теоретический и практический интерес.

Работа выполнена на базе лаборатории роста и развития растений Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси в рамках 01.16 ГНТП «Разработать и освоить энерго- и ресурсомалозатратные технологии возделывания высокобелковых кормовых культур, новых интродуцированных культур (галега восточная, донники, амарант) и их смесей», № ГР 20023198.

Учитывая хозяйственное значение галеги восточной, целью настоящей работы явилось изучение и оценка внутривидового разнообразия этой перспективной культуры по комплексу морфофизиологических и биохимических показателей, выявление перспективного исходного материала для селекции.

В ходе исследования были поставлены следующие задачи:

- проанализировать морфофизиологическую изменчивость растений ряда неселекционных образцов галеги восточной по основным фенологическим и морфофизиологическим признакам, в том числе по накоплению биомассы и семенной продуктивности;
- провести анализ содержания сухого вещества, фотосинтетических пигментов, различных форм азота и белка в биомассе морфотипов неселекционных образцов и сорта Гале;
- дать биохимическую характеристику запасным белкам семян исследованных морфотипов неселекционных образцов и сорта Гале с использованием белковых маркеров;
- выявить наиболее перспективные морфотипы по комплексу морфофизиологических и биохимических признаков для использования в селекции галеги восточной и создания коллекционного материала.

Объектами исследования служили растения пяти неселекционных образцов. В качестве контроля использовали районированный сорт Гале.

Предметом исследования явилось изучение особенностей роста и развития растений, обоснование разделения их на морфотипы по морфофизиологическим и биохимическим признакам.

Работа выполнена путем постановки лабораторных и полевых опытов. В исследованиях использовались современные физиологические и биохимические методы (определение содержания белка, пигментов, электрофорез в ПААГ) и др. При изучении кариотипов применяли общепринятую цитологическую методику. Для исследования внутривидового разнообразия проводили кластерный анализ с применением компьютерной програм-

мы ESPSS. Достоверность полученных экспериментальных данных подтверждена методами биологической статистики с использованием программы Microsoft Excel.

Выполненные исследования позволили охарактеризовать внутривидовое разнообразие галеги восточной по ряду хозяйственно-ценных признаков.

Исследованы особенности роста и развития растений галеги восточной в 1-й год жизни, что дало возможность предложить универсальную шкалу фенологических фаз роста и развития этой культуры.

Выявлено и охарактеризовано внутривидовое разнообразие растений исследованных образцов по фенологическим признакам. Впервые выделены и описаны по срокам весеннего отрастания, цветения и плодоношения следующие хроно типы: очень ранние, ранние, средние, поздние и очень поздние.

На основе кластерного анализа морфофизиологических признаков растений выделены четыре морфотипа галеги восточной: высокорослый, среднерослый, низкорослый, низкорослый незимостойкий. Определена частота встречаемости каждого морфотипа.

Исследована изменчивость морфотипов по семенной продуктивности, оценены их потенциальная и реальная семенная продуктивность, процент семинификации.

Дана биохимическая характеристика морфотипов по накоплению сухого вещества, фотосинтетических пигментов, азота и белка.

Впервые охарактеризован качественный и количественный состав запасных белков семян у выделенных морфотипов галеги восточной, что позволило подтвердить их различия на биохимическом уровне.

Выделены наиболее перспективные для использования в селекции морфотипы образцов галеги восточной по вышеперечисленным признакам.

В ходе исследования выявлены морфотипы с высокой продуктивностью зеленой массы и семян, повышенным содержанием сухого вещества, общего азота и белка, перспективные как исходный материал в селекции.

Подготовлены и изданы рекомендации по технологии возделывания галеги восточной на корм и семена [59; 62] и отраслевые регламенты [60; 61], одобренные Научно-техническим советом Главного управления растениеводства Минсельхозпрода Республики Беларусь. Совместно с Гомельским КСУП «Семена трав» и Полесским филиалом ИЗиС НАН Беларуси в хозяйствах Гомельской области заложены плантации галеги восточной площадью более 1000 га.

Результаты проведенных исследований выполнены автором самостоятельно под руководством доктора биологических наук, академика Н.А. Ламана и доктора биологических наук, академика В.Н. Решетникова. Выбор условий экспериментов, анализ, интерпретация результатов осуществлены автором самостоятельно.

За помощь и поддержку при выполнении работы автор выражает искреннюю благодарность доктору биологических наук, академику Н.А. Ламану, доктору биологических наук, академику В.Н. Решетникову, а также всем сотрудникам лаборатории роста и развития растений Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси.

Принятые сокращения: ОР – очень ранние хроноотипы; Р – ранние хроноотипы; С – средние хроноотипы; П – поздние хроноотипы; ОП – очень поздние хроноотипы; НР – не окрашенные растения; СОР – слабо окрашенные растения; ООР – очень окрашенные растения; ПСП – потенциальная семенная продуктивность; РСР – реальная семенная продуктивность; ПС – процент семинафикации; ПААГ – полиакриламидный гель, Мм – молекулярная масса.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 ПОЛИМОРФИЗМ

Под полиморфизмом принято понимать различие особей в популяции по морфологии отдельных органов, сезонному развитию, биохимическим признакам, при этом не по одному, а по их совокупности [30; 42; 122]. Познание полиморфизма исходного материала имеет как научно-теоретическую, так и практическую значимость.

Полиморфизм распространен в природе чрезвычайно широко. Достаточно указать на возрастной полиморфизм и на смену фаз жизненного цикла, который так широко известен уже у простейших организмов, чтобы сразу стало ясно, что полиморфными являются все виды, у которых индивидуальное развитие характеризуется прерывистым разнообразием возрастных форм, и все виды, обладающие сменами фаз в жизненном цикле.

Прерывистое разнообразие возрастных форм, чередование поколений, смена гапло- и диплофазы относятся к полиморфизму. Половой диморфизм, гетеростилия, наличие твердых и мягких семян у растений, разновременное созревание мужских и женских половых продуктов у гермафродитов – таковы примеры полиморфизма. Полиморфизм может касаться морфологических, физиологических, биохимических признаков.

Полиморфизм базируется не только на генных мутациях, но и на основе перестроек хромосом [42]. Полиморфизм – это приспособительное свойство вида, в основе которого лежит способность изменяться в ответ на воздействия среды [28; 142]. К примеру, приспособительный смысл инверсионного полиморфизма заключается в использовании гетерозиса и в ограничении рекомбинаций генов, поскольку гены инвертированного участка наследуются как единый комплекс. Инвертированные участки создают благоприятные генотипические условия для совместного наследования тех генов, которым с точки зрения приспособления надлежит наследоваться совместно [9]. Существует несколько типов полиморфизма. Так, сбалансированный тип полиморфизма характеризуется отсутствием направленного сдвига числовых соотношений форм во времени. Процентное соотношение форм либо остается из поколения в поколение одним и тем же, либо колеблется вокруг какой-то постоянной величины. Примеров сбалансированного полиморфизма множество: половой диморфизм, возрастной полиморфизм, гетеростилия [9]. Сбалансированный полиморфизм по разнообразию механизмов, реализующих различия, делится на три класса: модификационный, эпигенетический и генотипический.

К модификационному классу относится сезонный и локальный полиморфизм. Различающиеся формы хотя и разобщены во времени или в пространстве, однако развиваются на единой генотипической основе. Этим

сезонный и локальный полиморфизм отличается от географического и экологического расообразования.

К эпигенетическому классу сбалансированного полиморфизма относятся возрастная полиморфизм, смена гапло- и диплофазы, функционирование гермафродитных особей сначала в качестве представителей одного, а затем в качестве представителей другого пола.

Генотипический класс сбалансированного полиморфизма охватывает все случаи прерывистого разнообразия форм, связанного с расщеплением. Постоянная гетерозиготность является (за редким исключением) необходимой предпосылкой существования этого класса [9].

Значение полиморфизма для эволюции очевидно. Полиморфизм – главный путь эволюции вида как целого, протекающей на основе интегрирующих механизмов вида, без какого бы то ни было участия изоляции. Полиморфизм создает известную степень «преадаптации» вида к условиям существования [109; 135].

Модификационный полиморфизм, будучи сам выражением авторегуляторного типа развития, создает предпосылки для дальнейшей деятельности стабилизирующего отбора. Господствующая форма стала вместе с тем той «нормой», которую берет под свое покровительство стабилизирующий отбор [9].

Существенно важным преобразованием является возрастной полиморфизм. Прерывистый характер возрастного полиморфизма создает предпосылку для возникновения новых таксонов. А.Л. Тахтаджян выдвигает принцип возрастающей прерывистости эволюции [131].

Как ранее отмечено, полиморфизм – фундаментальное свойство биоты нашей планеты, которое лежит в основе исторического развития органического мира. Успех селекционных работ, построенных на использовании методов отбора, также в значительной степени зависит от изменчивости исходного материала. Поэтому дальнейшее изучение, количественная оценка, разработка эффективных способов контроля изменчивости живых организмов являются важными задачами всей современной биологии.

Фактически вся история биологии есть история изучения изменчивости живых существ. Изучение внутривидовой изменчивости приобрело прочную научную основу благодаря трудам Ч. Дарвина [20]. Он рассматривал изменчивость как необходимую предпосылку для отбора наиболее приспособленных форм. Принципы изменчивости Ч. Дарвин видел как в природе организма, так и во влиянии условий жизни.

Н.И. Вавилов (1965а) рассматривал проблему изменчивости организмов как неотделимую от проблемы происхождения видов. Он отмечал, что изучение вида как системы популяций может приблизить нас к действительному овладению видами и развертыванию дальнейшего углубленного генетического и ботанического изучения и широкой постановки практической селекции. Ученый придавал большое значение изучению полиморфизма растений

для познания вида как системы. Он считал, что в свете современного знания о видах как системы форм генотипов необходимо знание их изменчивости, амплитуды наследственных различий отдельных признаков [14].

А.Л. Тахтаджян (1965), анализируя проблемы и задачи систематики растений, отмечает большую значимость познания полиморфизма для разработки внутривидовой систематики в практическом отношении [110; 132].

Повышенный интерес к проблеме изменчивости вызвала морфолого-географическая концепция вида, одним из создателей, которой был А. Кернер, впервые выдвинувший географический критерий вида.

Следующим шагом в познании структуры вида явилась разработка эколого-генетической концепции вида. Как указывает В.Н. Сукачев, под воздействием различных экологических факторов среды формируется определенный тип обмена веществ и энергии, обеспечивающий всем живым организмам условия непрерывного проявления разнокачественности (так называемой эндогенной изменчивости) в пределах отдельного органа или целого индивидуума [131].

Одной из наиболее интересных проблем, решаемых учеными, является вопрос о химической изменчивости растений и о закономерностях этой изменчивости. Обширна литература по изменчивости содержания в растении фармакологически важных веществ. К настоящему времени выполнены тысячи биохимических работ, демонстрирующих разнокачественность популяций по биохимическим признакам. Выяснено, что изменение содержания и состава биоактивных веществ в различных органах находится в тесной связи с фенологическим ритмом растений. Например, в коре наибольшее количество активных веществ наблюдается ранней весной, а в листьях в период начала цветения. Кроме того, содержание активных веществ связано с генотипическими различиями, географическим происхождением образца, временем сбора [124].

В последние 15 лет в странах СНГ изучением внутривидовой изменчивости растений занимаются три научные школы. Одна из них – Всесоюзный институт растениеводства, где проводятся работы, начатые Н.И. Вавиловым по анализу изменчивости ряда хозяйственно-ценных культур в зависимости от географического происхождения.

Исследования, проводимые учеными в Главном ботаническом саду РАН, посвящены изучению внутривидовой изменчивости с использованием метода сравнительных культур. Семена ряда видов, собранные в различных точках ареала, высевают в однородных условиях питомника, где регистрируются уже генетически закрепленные признаки и определяются амплитуды их изменчивости. Полученные результаты свидетельствуют о наличии широкой амплитуды изменчивости, что зачастую указывает на недостаточную таксономическую обособленность некоторых близкородственных видов.

Сотрудники Института экологии растений и животных УНЦ РАН изучают внутривидовую изменчивость лесообразующих пород Урала: ели сибирской, березы и др. [68]. В частности С.А. Мамаев внес огромный вклад в исследование данной проблемы. В работах рассматриваются закономерности варьирования морфологических признаков [68]. Структура популяций позволяет определить взаимосвязи и диагностические признаки для разграничения близкородственных видов, например, *Picea obovata* и *P. abies*. Согласно предложенному представителями этой школы методу, все признаки разделяются по шкале на 3 группы: с низким, средним и высоким уровнем изменчивости. Затем определяются соотношения между экологической индивидуальностью и эндогенной изменчивостью [69]. Изучается также внутривидовая дифференциация, наблюдающаяся в связи с различными формами изменчивости на разнообразном экотипическом, зональном, высотно-поясном фоне, на популяционном и межпопуляционном уровнях [68]. С.А. Мамаев предложил свою классификацию изменчивости, которая может считаться популяционно-хронографической. Им описаны 7 форм изменчивости: 1) индивидуальная, 2) половая, 3) хронографическая (временная), 4) экологическая, 5) географическая, 6) гибридогенная и 7) эндогенная. Исходя из разнородности признаков и свойств самих организмов, он выделил 3 основные категории изменчивости: 1) структурных признаков, 2) функциональных признаков и 3) качественных признаков. Каждая из них по признакам может делиться на более мелкие [69].

Несмотря на большую значимость изучения внутривидовой изменчивости морфоструктуры растений, работа в этом плане до сих пор ведется недостаточно активно. В отличие от исследований по изменчивости древесных растений, гораздо меньше работ в этой области в отношении дикорастущих травянистых растений, причем посвящены они, как правило, различным теоретическим вопросам – видовой и внутривидовой систематике, эволюции вида. Бедность фактического материала по внутривидовой изменчивости у дикорастущих травянистых растений связана прежде всего с трудностью полноты сбора исходного материала в естественных условиях, а также большой трудоемкостью эксперимента.

С практической точки зрения познание изменчивости, генотипической структуры, а также свойств отдельных генотипов позволяет рационально использовать генофонд, более целенаправленно и результативно вести селекционную и семеноводческую работу. Известно, что эффективность селекции в растениеводстве может быть значительно повышена за счет познания закономерностей формирования внутривидовых группировок. На этой основе следует использовать формовое разнообразие и ценные особенности популяций растений. Формообразовательное и особенно видообразовательное значение в естественной эволюции, по мнению Е.Н. Синской, имеют главным образом массовые, а не единичные изменения в популяциях. Массовые изменения внутри вида могут быть постепен-

ными и скачкообразными, полезными с самого начала, безразличными или вредными. Последние быстро исключаются отбором. Таким образом, изменчивость у вида представляет собой основное русло формо- и видообразовательного процесса в природе [31; 131; 125].

Известно, что все устойчивые морфофизиологические особенности вида определяются генетическими структурами и взаимодействием генотипов особей. Генотип любой особи обеспечивает фенотипическую реализацию, как правило, в широком диапазоне условий. Часто разные генотипы имеют одинаковое фенотипическое проявление в определенных условиях, в то время как в разных условиях один генотип реализуется часто в виде совершенно разных фенотипов. Гено- и фенотипическая структура вида характеризуется определенным соотношением гено- и фенотипов. При сравнении группировок используется такой показатель, как частота встречаемости признаков. Итак, основные генетические характеристики вида – это постоянная наследственная гетерогенность, внутреннее генетическое единство и динамическое равновесие отдельных генотипов (аллелей), которые определяют организацию популяции как элементарной эволюционной единицы [150].

В настоящее время ни у кого не вызывает сомнения необходимость изучения видового (сортового) разнообразия растений. В условиях культуры изменчивость растения проявляется особенно сильно. Выращивание растений, взятых из различных мест их произрастания, позволяет наиболее полно изучить амплитуду их изменчивости и отобрать лучший исходный материал для селекции. При интродукции вида также важно знать его адаптивные возможности к новым условиям существования. Работая со случайным и одиночным материалом, исследователь не застрахован от ошибочных выводов, так как только сравнительное изучение внутривидового материала дает возможность выявить адаптивные возможности вида к условиям среды. Исследование изменчивости и способности к адаптации является основой успешной селекции [14].

О наличии внутривидовой изменчивости галеги восточной впервые было упомянуто в работах Х. Райга и Е. Метлицкой [72; 111]. Ими была предпринята попытка исследовать закономерности внутривидовой изменчивости, что позволило в дальнейшем облегчить отбор исходного материала для селекции. Авторы отмечают, что широкий спектр изменчивости морфологических признаков галеги восточной можно объяснить характером влияния эколого-географических факторов и межвидовой гибридизации. Однако детальный анализ внутривидовой структуры не проводился.

1.2 БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ *GALEGA ORIENTALIS* LAM.

1.2.1 СИСТЕМАТИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ, ИСТОРИЯ КУЛЬТУРЫ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ

Галега восточная (*Galega orientalis* Lam.) относится к семейству бобовые (Fabaceae Lindley), подсемейству Бобовые (Fabaceae Lindley), роду козлятник (*Galega* L.). Род *Galega* включает 8 видов. На территории бывшего СССР встречаются два вида: галега восточная или козлятник восточный (*Galega orientalis* Lam.) и галега лекарственная или козлятник лекарственный, рутовка *G. officinalis* L. [114; 148].

Растению присвоено родовое название от греческого «гала» и «алеин» – молоко производить (действовать на выделение молока), поскольку при скармливании скоту галеги восточной количество молока значительно увеличивается. Другое название – козлятник – закрепилось по причине пристрастия к нему горных козлов, поскольку весной эти животные утоляют свой аппетит этим растением и лечатся от гельминтов [45; 115].

Галега лекарственная характеризуется меньшей зимостойкостью и долговечностью, изреживается после двух зимовок и выпадает на 4–5 году жизни. Весной отрастает несколько позже галеги восточной. Поедаемость зеленой массы галеги лекарственной невысокая, что связано с наличием алкалоида галегина (0,1–0,5%). Урожайность семян и зеленой массы также ниже, чем у галеги восточной [57; 64].

Галега восточная является эндемиком флоры Кавказа, где она приурочена к лесному и субальпийскому поясу; растет на злаково-разнотравных лугах, по берегам рек, кустарникам и буково-дубовым лесам на высоте от 305 до 1820 м над уровнем моря [115; 121; 144]. На горных лугах Кавказа галега восточная обычно входит в состав разнотравных фитоценозов, представленных крапивой двудомной, борщевиком Сосновского, борщевиком жестким, лабазником вязолистным и другими видами. Кроме того, она растет по опушкам леса, по склонам гор, иногда вдоль дорог. Обычно галега восточная приурочена к хорошо проветриваемым рыхлым черноземным и наносным аллювиальным почвам, богатым органическим веществом, нейтральным или слабощелочным [71].

Первые сведения о галеге восточной касаются использования как лекарственного и декоративного растения. Попытки ее освоения в культуре были сделаны еще в 1600 году в Германии. Сначала объектом изучения являлась галега лекарственная, которая в то время рассматривалась как растение целебное и декоративное, а не как кормовое. Она завоевала большую популярность как потогонное, мочегонное и противоглистное средство [15]. Однако как кормовое растение галега лекарственная широкого распространения не получила, так как по поедаемости уступала основным бобовым травам.

Галега восточная, в отличие от галеги лекарственной, за пределами бывшего СССР была почти неизвестна и в культуре не осваивалась. Первые упоминания о галеге восточной в русскоязычной литературе встречаются в трудах Вольного экономического общества. В 1874 году появляется большая статья «Кормовая трава козлятник». В 1899 году Н.К. Васильев в «Записках Императорского общества сельского хозяйства южной России» указывает, что галега наряду с другими растениями заслуживает «пробы» как кормовое растение. В 1908 году выходит работа А.Х. Роллова, в которой собран материал по всесторонней хозяйственной оценке 1550 видов растений Кавказа, в том числе приведены отдельные краткие данные по галеге восточной [114; 120].

В бывшем СССР систематические исследования по введению в культуру галеги восточной начаты в 1926 году. В питомнике ВИР на Бутырском хуторе (Московская область) было посажено несколько корневищ галеги восточной, привезенной с Северного Кавказа. Вплоть до 1931 года за их развитием вела наблюдения научный работник ВИР Ю.А. Тупикова-Фрейман. Она отметила способность пересаженной дикой галеги восточной к быстрой акклиматизации, а также исключительную ее зимостойкость, высокую урожайность и нетребовательность к условиям произрастания. Здесь же были поставлены первые эксперименты по скармливанию галеги восточной животным. Ученый установила, что кормление галегой значительно повышает продуктивность коров. Ввиду того, что галега восточная в условиях Московской области давала низкий урожай семян (20–40 кг в пересчете на гектар), Тупикова-Фрейман рекомендовала размножить ее вегетативно: черенками и путем деления корневищ на части [136].

С 1925 года в Ботаническом саду Пермского университета галегу восточную изучал профессор А.А. Хребтов [149]. Уже первые его наблюдения показали, что в условиях Урала галега быстро акклиматизируется, хорошо зимует, устойчива к болезням и вредителям, дает высокий урожай зеленой массы и хорошо поедается животными. Однако в то время не были разработаны агротехнические приемы, которые обеспечивали бы высокий урожай семян, поэтому имеющиеся данные не давали возможности ставить вопрос о производственном освоении галеги восточной. Через семь лет после получения проф. А.А. Хребтовым семян и передачи их в другие научные учреждения, галегу стали испытывать в разных районах Урала.

Описаны [121] две разновидности галеги восточной – северокавказская и лорийская, из них северокавказская – более раннеспелая, с большим количеством междоузлий на побеге. Северокавказская лучше подходит для введения в культуру. Лорийская – может использоваться в селекционных целях.

Но более глубокое изучение галеги восточной было проведено С.Н. Симоновым во Всесоюзном институте кормов им. В.Р. Вильямса (ВИК) начиная с 1931 года [121]. Участниками экспедиции ВИКа и ВИРа в 1932 г. были собраны семена галеги восточной в местах естественного

произрастания. С.Н. Симонов впервые описал две разновидности галеги и показал преимущества по кормовой ценности галеги восточной по сравнению с галеей лекарственной. Работа с галеей восточной во ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса продолжается и в настоящее время. Учеными этого института многое сделано для распространения новой кормовой культуры во многих регионах бывшего СССР. Уже в 1940-е годы галега выращивалась в производственных посевах в Московской, Ивановской, Тульской и Брянской областях.

В послевоенные годы исследования по галее восточной возобновились. В 1950 году начато ее изучение в Латвии, а с 1972 года – в Эстонском НИИ земледелия и мелиорации. Здесь под руководством доктора сельскохозяйственных наук Х.А. Райга совместно с сотрудниками ВИКа выведен и принят к районированию с 1988 года первый сорт галеги восточной – Гале. В этом же институте была разработана агротехника возделывания галеги восточной на корм и семена [111]. С работ Х. Райга начался новый этап широкой пропаганды и введения в культуру галеги восточной [112].

В Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева опыты с галеей восточной были начаты в 1978 году под руководством П.П. Вавилова. Многолетние опыты этого учреждения, а также целого ряда других учреждений бывшего СССР (ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, ученых Украины, Поволжья, Пензенского НИИСХ, Башкортостана, Сибири, Латвии) позволили установить, что галега восточная может успешно возделываться в Центрально-Черноземной зоне, Среднем Поволжье, Сибири на Урале, Сахалине, Камчатке и других регионах [3; 5; 27; 37; 39; 52; 55; 96; 100; 158].

Выращивание галеги восточной особенно перспективно в районах с достаточным количеством осадков. Данная культура успешно произрастает там же, где и клевер, а во многих случаях в состоянии конкурировать и с люцерной. В Нечерноземной зоне России она является прекрасным дополнением к клеверу [155].

В Беларуси первые опыты с галеей восточной были заложены в Ботаническом саду Горецкой сельскохозяйственной академии в 1931 году. С учетом результатов исследования были проведены первые испытания галеги в колхозах и совхозах Горецкого района. Несмотря на положительную оценку галеги как кормового растения, она не получила должного распространения. С 1982 года началась активная научно-исследовательская работа по селекции и агротехнике галеги восточной под руководством ученых В.З. Шарапо и В.И. Бушуевой, аспирантки М.Н. Аврамовой [1]. В 2003 году создан и передан в Государственное сортоиспытание сорт под названием «Нестерка» (авторы В.З. Шарапо, В.И. Бушуева, Е.В. Равков, О.А. Порхунцова) [12].

В Центральном ботаническом саду НАН Беларуси первые плантации галеги восточной заложены в 1974 году, начато детальное изучение культуры (авторы М.А. Кудинов, М.С. Борейша, М.И. Ярошевич, Н.Н. Вечер).

Ими изучались нормы и сроки посева, способы повышения всхожести семян; особенности формирования продуктивности галеги в зависимости от приемов агротехники, а также продолжительность высокопродуктивного хозяйственного использования посевов на фитомассу [16; 52; 53; 76; 77].

Параллельно в 1980-х годах в Витебской государственной академии ветеринарной медицины проводились исследования под руководством Е.П. Солдатенкова, где изучалось влияние различных доз и способов внесения минеральных удобрений на продуктивность и химический состав галеги восточной [126]. В 1990–2000-х гг. в Витебской государственной академии ветеринарной медицины велась работа под руководством Н.Н. Зеньковой, которая осуществляла исследования по технологии возделывания и использования галеги восточной в условиях Витебщины [33].

В.К. Бегер, Б.И. Спесак [7; 127] изучали галегу восточную на Гродненской государственной областной сельскохозяйственной опытной станции, где проводили производственные испытания различных образцов и внедрение ее в кормопроизводство колхозов и совхозов области. Значительный объем исследований по внедрению галеги восточной в кормопроизводство республики выполнен в институте земледелия и селекции НАН Беларуси, институте животноводства НАН Беларуси, институте почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, институте мелиорации и луговодства НАН Беларуси. В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» И.А. Довнар занималась изучением приемов оптимизации технологии возделывания галеги восточной [24].

Коллектив ученых под руководством М.Т. Дорофеюка проводил исследования галеги восточной на Брестской государственной областной сельскохозяйственной опытной станции (г. Пружаны), в которых большое внимание уделялось особенностям возделывания многолетника на семена в условиях Беларуси. Авторы отмечают [25; 26], что норма высева и ширина междурядий оказывали сильное влияние на особенности роста галеги восточной, густоту стеблестоя, процент продуктивных стеблей, а также и на их семенную продуктивность. Снижение семенной продуктивности галеги с возрастом семенника связано с загущением травостоя и с ухудшением обеспеченности растений микроэлементами. При внесении микроэлементов было показано, что бор и молибден имеют очень важное значение для развития клубеньковых бактерий галеги восточной. Так, при недостатке бора клубеньки развиваются слабо или совсем не развиваются. Авторы указывают, что молибден играет огромную роль в фиксации атмосферного азота клубеньковыми бактериями, а также катализирует восстановление нитратов, то есть способствует накоплению белка в растениях. Бор способствует развитию клубеньков, играет существенную роль в процессах оплодотворения, поэтому растения быстрее отцветали и более дружно вызревали [26].

В настоящее время исследования по галеге восточной продолжают в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству», УО «Витебская ордена “Знак Почета” государственная академия ветеринарной медицины» и др. Изучается кормовая ценность, требования культуры к условиям произрастания, особенности семеноводства, обосновываются отдельные приемы агротехники.

В последние годы проявляется значительный интерес к этой культуре в странах дальнего зарубежья: ведется разработка методов генетической трансформации растений, делаются попытки изучения филогенеза галеги восточной [159; 160; 164; 169; 175; 177; 180]. Особое внимание уделяется исследованиям питательных качеств зеленой массы галеги восточной, семенной продуктивности, дается экономическая оценка использования галеги восточной для производства силоса, сенажа и других видов кормов, исследуется влияние зеленой массы галеги восточной на качество молока [157; 162; 170; 172; 182].

В зависимости от условий произрастания в смешанных и однокомпонентных посевах изучаются рост и развитие растений, продуктивность, биохимический состав галеги восточной [158; 160; 161; 163; 164; 165; 167; 168; 173; 194–196; 181; 183]. В Восточной Скандинавии Т. Aniszewski, S. Drosdov, E.S. Kholoptseva, A.J. Mihkiev изучали фенологические, а также морфологические особенности галеги восточной [156].

В Югославии большой вклад в изучение галеги восточной внес В. Раденович. Под его руководством в настоящее время ведутся исследования основных свойств семян и исходного материала для селекции. Уделяется также внимание питательной ценности и химическому составу этой культуры [188; 189; 190].

Следует отметить, что значительное число исследований, проводимых за рубежом, посвящены симбиотическим азотфиксирующим бактериям галеги восточной *Rhizobium galegae* и их влиянию на урожайность. Так, Lindström с сотрудниками выделили специфические бактерии галеги *Rhizobium galegae*, получены штаммы ризобиума, определена структура основного бактериального компонента *Rhizobium galegae* – так называемого «Nod-фактора» [174; 175; 194]. К. Lindström и J. Olejniczak, W. Rybinski, а также Tan Zhi Ynan, Kan Feng Ling и E. Tas, P. Leinonen, A. Saano и др. [181; 192; 197; 198] изучили отличительные особенности полученных штаммов ризобиума. Описанные ими штаммы микроорганизмов проверялись на антибиотическую устойчивость. В работе отмечено, что полученные штаммы значительно увеличивают количество зеленой массы, семян галеги восточной. Показано, что инокуляцию семян галеги восточной эффективными бактериями лучше проводить до интенсивного формирования на корнях азотфиксирующих клубеньков, что обуславливает более активную фиксацию молекулярного азота и накопление протеина.

Коллективом авторов во главе с S. Kaijalainen [176] идентифицированы гены ризобиума галеги, установлены особенности симбиотического взаимо-

действия галеги с ризобиумом. Ими также изучались особенности ДНК и РНК генов клубеньков; было выделено 45 фрагментов уникальной для клубеньков РНК, проведены гибридизация и клонирование фрагментов нуклеиновых кислот. E. Varis в своей работе указывает на получение фермента ризобиума, который отвечает за процессы роста и развития ризобиума [199].

В странах ближнего зарубежья также уделяется немалое внимание проблеме симбиотической азотфиксации галеги восточной. В частности, во Всероссийском институте растениеводства им. Н.И. Вавилова в результате экспедиционных сборов по Северо-западному Кавказу совместно с ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии создана коллекция клубеньковых бактерий галеги восточной [22].

В последние годы на территории Витебской области площадь посевов галеги восточной в Шумилинском районе составляет 300 га. Проведен посев семян галеги восточной в мае 2022 года в хозяйстве «Липовцы» Витебского района.

Несмотря на изучение галеги восточной на протяжении длительного периода она пока не получила широкого производственного распространения как в нашей, так и в других странах. Главными причинами, сдерживающими распространение галеги восточной, надо считать отсутствие сортов и разрабатанной в соответствии с биологическими особенностями данной культуры адаптивной технологии возделывания, дефицит семян.

1.2.2 БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ

Галега восточная (*Galega orientalis* Lam.) – многолетнее травянистое растение. Стебель высокий, высотой до 125–140 см, прямостоячий, ветвистый, коротко-шероховато-пушистый; прилистники широкояйцевидные, длиной 1–1,5 см, тупые; листья непарно-перистые, сложные 7–24 см длины, с 5–6 парами крупных листочков, продолговато или ланцетояйцевидных, длиной 2,5–8,5 см и шириной 1,2–4,8 см, заостренных, голых, с укороченными 0,5–1 мм черешками. Цветки многочисленные с цветоножками, почти равными чашечке в кистях. Все тычинки цветка срослись нитями, верхняя тычинка, наполовину приросшая к тычиночной трубке; цветоносы, цветоножка, чашечка и бобы покрыты прямыми, короткими, железистыми волосками; прицветники линейные, покрытые длинными белыми волосками, острые, равные цветоножке. Чашечка колокольчатая, пятизубчатая длиной 4 мм и шириной 2–2,5 мм, с шиловидными, утонченными, короче трубки зубцами; венчик яркий, голубовато-фиолетовый; флаг продолговато-обратнойяйцевидный, длиной 1–1,5 см, тупой; крылья длиной 1 см, с продолговатыми ушками у основания; лодочка равна крылу, тупая; завязь сидячая со многими семяпочками и с голым нитевидным столбиком; боб двустворчатый, одногнездный линейно-цилиндрический, многосемянный, на ножке длиной 2–4,5 см и шириной 3 мм, оттянуто-

заостренный, наклоненный, почти повислый с косо исчерченными створками; семена почковидные [147].

Морфолого-анатомическое строение галеги восточной описано в работах С.Н. Симонова, П.Ф. Медведева, Л.И. Фоминой и других ученых [71; 121; 145]. Более глубокое изучение первых этапов онтогенеза проведено Н.И. Иевлевым, М.В. Черевко [35–38; 151]. Кроме того, Н.И. Иевлев выделил четыре возрастных периода у галеги восточной: латентный, прегенеративный, генеративный и восемь возрастных состояний: проростков, ювенильных, имматурных, виргинильных – молодых и взрослых, генеративных – молодых и средневозрастных растений и дал им характеристику [37].

Е.В. Туркова [137], изучая морфологические особенности галеги восточной, установила, что для этой культуры характерна значительная морфофизиологическая разнокачественность побегов. Они отличаются по времени и месту заложения, возрасту, размерам, числу метамеров, уровню развития и степени дифференциации апикальных меристем. Конусы нарастания побегов у галеги восточной детерминантного типа. Отмечено, что терминальное соцветие формируется после метамеров вегетативной сферы или после 1–3 метамеров генеративной сферы, т.е. на репродуктивных побегах формируется от 1 до 4 соцветий. Автор отмечает, что наибольшее число заложившихся генеративных органов редуцируется на IX и X этапах органогенеза (в среднем за годы исследований 31,4 и 42,7% соответственно от числа всех опавших на VII–XI этапах). Этапы цветения и формирования плодов являются наиболее значимыми для конечной семенной продуктивности и в основном определяют ее фактический уровень.

1.2.3 ОТНОШЕНИЕ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ К ОСНОВНЫМ ФАКТОРАМ СРЕДЫ

Отношение к свету. Галега восточная требовательна к свету, особенно в начале роста, и плохо переносит затенение. Недостаток света в первые 40–50 дней после появления всходов угнетает молодые растения. Поэтому галега восточная сильно ослабляется в 1-й год жизни под покровом сорняков [40; 57; 91].

По данным П.П. Вавилова и Х.А. Райга (1982), за вегетационный период галега формирует большую ассимиляционную поверхность – до 11 м²/м² за счет листьев. Кроме того, значительный вклад в общую фотосинтезирующую поверхность вносят стебли. Высокая облиственность (60–70%) и большая площадь листьев, раннее начало и позднее окончание вегетации способствуют интенсивному использованию фотосинтетически активной радиации на накопление биомассы в течение вегетационного периода [14; 111].

Отношение к теплу. Семена галеги восточной прорастают при температуре 5–6 °С, однако оптимальной температурой для появления всходов является 10–12 °С.

Растения отличаются холодостойкостью, морозостойкостью, выдерживают кратковременные заморозки (до –3–5 °С) весной, наращивают зеленую массу вплоть до наступления осенних заморозков в 3–5 °С, переносят суровые и бесснежные зимы с морозами до –25 °С, а при достаточном снежном покрове – до –40 °С [71].

Отношение к влаге. По потребности к влаге галега занимает среднее положение между клевером и люцерной. Наиболее высокие урожаи ее могут быть получены при достаточном увлажнении. Культура не выносит близкого залегания грунтовых вод, а также переувлажнения, в то же время устойчива к летним засухам [138–140]. При более длительном затоплении наблюдаются большие выпадения растений, а при 25–30-дневном пребывании под водой – полная их гибель. Более чувствительны к недостатку влаги растения 1-го года жизни, особенно в период всходов и послевсходового развития, когда формируется корневая система. По сравнению с другими бобовыми травами галега продуктивнее использует запасы влаги осенне-зимне-весеннего периода, что гарантирует высокий урожай первого укоса. Однако урожай отавы при дефиците осадков бывает незначительным [16; 57].

На семенных участках недостаток влаги в почве в период цветения галеги снижает урожай семян. Снижение урожая семян может происходить и от избытка влаги в почве. При этом интенсивно растут вегетативные органы растения, что создает неблагоприятные условия для формирования генеративных органов и ухудшает посевные качества семян.

Требования к почве. Лучшими почвами для галеги восточной являются плодородные, супесчаные и легкие суглинистые, рыхлые и влажные, но не заболоченные. Ее посевы удаются не только на черноземных, но и на дерново-подзолистых и дерново-карбонатных почвах. Хорошие урожаи получают при возделывании галеги на осушенных низинных торфяниках или пойменных землях. Почва должна быть окультуренной, чистой от сорняков, богатой органическим веществом и иметь достаточно глубокий пахотный слой. На бедных питательными веществами почвах галега восточная растет плохо. Реакция почвенного раствора, как и для других бобовых культур, должна быть близкой к нейтральной (рН 5,8–6,5), что способствует хорошему образованию клубеньков. На кислых почвах растения плохо растут и развиваются, угнетается образование клубеньков на корнях, возможны плохая перезимовка и гибель посевов [90; 104; 107].

1.3 ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ

Галега восточная – культура высокорентабельная. Средняя урожайность зеленой массы в условиях России, Украины, Эстонии, Беларуси, Азербайджана и других стран колеблется в пределах – 300–750 ц/га, а сена – 70–170 ц/га [39; 44; 75; 76; 104; 111; 137; 141; 170; 171; 184; 185].

Многолетность – одно из важных достоинств галеги восточной. Как следует из литературных данных, хозяйственное использование агроценозов продолжается 10 лет, а по некоторым данным и до 15 лет [29; 44; 97; 117; 118], причем продуктивность посевов начинает снижаться только через 8–9 лет. В то же время имеются многочисленные сведения о том, что плантации галеги восточной могут сохраняться без существенного снижения продуктивности несколько десятилетий [16; 26]. Такого продолжительного периода хозяйственного использования в настоящее время не имеет ни одна кормовая культура.

Галега восточная обладает высокой кормовой ценностью [75]. Исследования фитомассы первого и второго укосов показали, что она характеризуется высоким содержанием сырого протеина и по этому показателю не уступает клеверу и люцерне. В среднем в фитомассе первого укоса содержание протеина колеблется в пределах от 16,2 до 16,8%, а во втором – от 14,0 до 14,8% [16; 91; 185–187].

Галега восточная способна формировать высокий урожай зеленой массы благодаря интенсивному росту ранней весной. Данные о высокой интенсивности отрастания и накопления зеленой биомассы в ранневесенний период подтверждаются исследованиями П.Ф. Медведева, Х.А. Райга и других ученых [71; 111], поэтому галегу можно широко использовать в ранневесенний период [3; 138].

Важная особенность галеги, представляющая с хозяйственной точки зрения значительный интерес, – прекрасная отавность и способность к вегетации до глубокой осени. В Беларуси, Прибалтике и Калининградской области при благоприятных условиях стабильно получают три полноценных укоса [105; 126; 138; 162].

Галеге свойственна высокая облиственность растений. По этому показателю она превосходит клевер и люцерну. Согласно исследованиям облиственность галеги первого укоса достигает 65%, второго – 80%. Применительно к укосной спелости максимальная облиственность характерна для фазы бутонизации – начала цветения. Ко времени наступления фаз полного цветения и созревания семян она снижается [67; 100; 154].

Галеге восточной присуща неосыпаемость листьев при сушке и приготовлении сена, что выгодно отличает ее от клевера и люцерны. Высокая облиственность растений и одновременно неосыпаемость листьев позволяют готовить из галеги качественное сено, сенаж, травяную муку и гранулы. Важной особенностью является и то, что после созревания семян листья и стебли галеги остаются зелеными, сохраняя высокую пита-

тельную ценность, что позволяет использовать оставшуюся после обмола-та семян массу для приготовления сена и сенажа [44; 128; 138].

Многочисленными исследованиями установлено, что галегу восточную можно успешно возделывать в смеси с другими культурами [177–179]. Отмечается, что фитопродуктивность таких сложных агроценозов составляет от 50 до 93 ц/га сухого вещества, однако она не превышает фитопродуктивность моноценозов –90–105 ц/га. Высокий удельный вес галеги восточной в травосмесях сохраняется в течение 6–7 лет [32; 60; 63].

Важное преимущество галеги восточной – способность к симбиотической азотфиксации. На корнях галеги восточной образуются клубеньки овальной формы розового цвета. В зависимости от условий выращивания на одном растении формируется от 500 до 1500 клубеньков [57; 176], в результате чего почва обогащается органическим веществом, улучшаются ее физические свойства, структура, пищевой режим и плодородие. Положительное влияние галеги восточной как предшественника на продуктивность последующих культур может продолжаться в течение 2–4 лет. Агротехническая роль ее состоит также и в том, что она очищает почву от сорняков, возбудителей болезней и вредителей [166; 182; 191; 193].

Галегу восточную можно использовать для защиты эродированных и эрозионно опасных почв. Достаточно плотный растительный покров в течение всего вегетационного периода и мощная корневая система растений препятствуют развитию водной и ветровой эрозии почв [160; 166].

Кроме того, галега является хорошим медоносом. Период цветения растянут на 25–30 дней. Цветок открытый, нектарники расположены неглубоко, поэтому посевы *Galega orientalis* Lam. охотно посещаются пчелами, шмелями и другими насекомыми [96; 200]. Установлено, что количество нектара, выделяемого одним цветком при 48–72 часах изоляции, составляет 0,550–0,825 мг, а общая нектаропродуктивность растений 154–231 кг/га [63].

Как показали опыты на животных, галега восточная содержит активные вещества, стимулирующие секрецию молока, усиливающие процессы кроветворения и кровообращения [55; 112; 129].

1.3.1 ФОРМИРОВАНИЕ СЕМЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ

Важным преимуществом *Galega orientalis* Lam. по сравнению с клевером и люцерной посевной является устойчивая семенная продуктивность. Многие авторы указывают, что, начиная со 2-го года жизни, можно получить от 2 до 6 и более ц/га семян, что зависит в значительной степени и от способа посева [38; 57; 79; 80].

Семенная продуктивность галеги восточной во многом определяется метеорологическими условиями года, возрастом плантации и сроками по-

сева. В зависимости от срока посева цветение и формирование бобов проходит в разных условиях обеспеченности светом, теплом, влагой и элементами питания, что отражается на развитии фотосинтетического и симбиотического аппарата и в конечном итоге на урожайности семян.

Многие ученые в своих работах указывают, что в первый год пользования (средние данные за два года) урожай семян составил 0,66 т/га. Из литературных источников известно, что в благоприятном по погодным условиям году при ранневесеннем посеве число генеративных побегов было на 11,4%, бобов на 13,6%, продуктивность семенного побега на 28,0% больше, чем в засушливом году [61; 62; 89].

Семенная продуктивность галеги восточной значительно увеличивается с возрастом растений. В первый год пользования в посевах с междурядьями 30 см в расчете на генеративный побег семенная продуктивность была следующей: количество бобов на побеге – 78,5 шт., семян в бобе 5,1 шт., масса семян с побега – 1,86 г, масса 1000 семян – 6,0 г. В третий год пользования – количество бобов на побеге – 86,5 шт., семян в бобе 6,9 шт., масса семян с побега – 1,9 г, масса 1000 семян – 7,0 г [25; 57]. По мнению ряда авторов [25; 27; 57; 92], установлена функциональная связь урожайности галеги восточной с фотосинтетическим потенциалом посева. Корреляционная зависимость между этими показателями характеризуется как сильная, коэффициент корреляции составляет 0,87.

1.3.2 ПИТАТЕЛЬНЫЕ (КОРМОВЫЕ) ДОСТОИНСТВА ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ

Известно, что одним из главных показателей хозяйственной значимости кормового растения является питательная ценность приготавливаемых из него кормов.

Первые опыты по оценке химического состава галеги в разные фазы вегетации выполнены в ВИКе [57]. Согласно результатам галега восточная отличается высоким содержанием протеина, углеводов и зольных элементов [41]. По всем этим показателям она отвечает зоотехническим требованиям, не уступая по основным из них клеверу и люцерне.

Наиболее полная оценка питательной ценности галеги восточной проведена в Эстонском НИИ земледелия и мелиорации. Как следует из полученных данных, галега отличается высокой кормовой ценностью: в 100 кг вегетативной массы содержится 20–21 кормовых единиц; в 100 кг сена – 57–58 кормовых единиц; содержание протеина составляет – 16–25% на сухое вещество (П. 1). Во Всероссийском НИИ орошаемого земледелия провели сравнительное изучение питательности многолетних бобовых трав. По содержанию в растениях белка и протеина галега не уступала люцерне, клеверу и доннику [57].

1.3.3 СОДЕРЖАНИЕ СУХОГО ВЕЩЕСТВА

По данным М. Ярошевича и сотрудников, в зеленой массе галеги содержится следующее количество сухого вещества: в фазе стеблевания – 14,2%, бутонизации – 19,6%, цветения – 25,0% и созревания семян – 35,2% [31; 118; 119; 160; 201]. В стеблях и листьях растений первого укоса сухого вещества содержится 31,1% и 28,6% соответственно [15; 111].

1.3.4 СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ

Первые исследования по оценке (определению) содержания каротина, как провитамина А в листьях и стеблях галеги восточной проводились в Эстонском НИИ земледелия и мелиорации [111]. Установлено, что количество каротина варьирует от 79,9 до 73,0 мг/кг (листья) сырой массы; в стеблях от 7,0 до 9,3 мг/кг сырой массы (см. таблицу 1.1). Из таблицы видно, что содержание каротина в листьях и стеблях по фазам развития уменьшается.

Общее количество зеленых пигментов в листьях галеги восточной в онтогенезе изучали в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси. Так, в фазе бутонизации количество зеленых пигментов варьировало в пределах от 720 до 1000 мг% на сухую массу. Соотношение хлорофилла а и в изменялось в пределах от 1,2 до 1,4, но с переходом к цветению снижалось и не превышало 1,2 [117–119].

Таблица 1.1 – Содержание каротина в зеленой массе галеги восточной (по данным ЭстНИИ земледелия и мелиорации)

Фаза развития	Анализируемая часть	Каротин мг/кг сырой массы
Бутонизация	Листья	79,9
	Стебли	9,3
Начало цветения	Листья	72,6
	Стебли	8,6
Цветение	Листья	68,3
	Стебли	7,0
Отава	Листья	97,0
	Стебли	12,0

Количество желтых пигментов в листьях было несколько выше, чем зеленых, и изменялось у отдельных форм в фазу бутонизации от 870 до 1150 мг% сухой массы. Содержание β -каротина в десятки раз уступало количеству ксантафилов, но их соотношение существенно варьировало в зависимости от географического происхождения растения. Наибольший выход желтых пигментов достигал 0,65–0,68 ц/га [117].

М.А. Жукова в своих работах отмечает, что селекционная популяция накапливает каротиноидов в среднем 106,55 мг/100 г сырого вещества, в том числе β -каротина 10,1 мг/100 г, а дикорастущая 93,27 мг/100 г и 10,07 мг/100 г соответственно. Дикорастущая популяция за годы исследований накапливала 261,15–353,3 мг/100 г сырого вещества хлорофилла а и 95,75–144,22 мг/100 г хлорофилла b соответственно. У сорта Надежда в годы исследований содержание хлорофилла а составило 318,49–378,37 и хлорофилла b 109,51–152,17. Ею отмечено, что с возрастом посевов количество хлорофилла b в листьях увеличивается [31].

1.3.5 СОДЕРЖАНИЕ АЗОТА

Известно, что накопление азота в растениях является важным фактором их роста и развития [133]. Азот имеет первостепенное значение в жизни растений, являясь составной частью белков и нуклеиновых кислот [51; 179]. Содержание азота варьировало в листьях у отдельных форм галеги восточной от 3,0 до 6,5%, в стеблях – от 1 до 3%. По мнению некоторых авторов, неадекватный характер варьирования данного показателя обусловлен скорее всего реакцией вида в ответ на изменения экологических условий при интродукции. Поэтому требуется дифференцированный подход для определения оптимальных сроков скашивания зеленой массы с наиболее высоким содержанием азота, а значит и белка [116].

1.3.6 СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА

Одной из основных характеристик кормового растения является содержание протеина [112]. Многочисленные данные литературы показывают, что фитомасса галеги восточной характеризуется высоким содержанием сырого протеина и по этому показателю не уступает или даже превосходит другие бобовые культуры [128].

Наибольшее количество белка содержится в листьях галеги – 25,1% на сухое вещество, в стеблях – 10,8% (для растений первого укоса). По мере развития растений, от фазы стеблевания до фазы созревания семян, количество протеина снижается. По данным П.П. Вавилова и Х.А. Райха (1982), галега близка по содержанию протеина к люцерне [15; 111; 112].

Согласно результатам исследований [95; 117; 147; 202], в среднем за три года в фитомассе первого укоса содержание протеина изменялось от 16,2 до 16,6%, а во втором укосе – от 14,0 до 14,8%. Сбор протеина с 1 га с учетом общей продуктивности в опытах составлял 18,6–19,6 ц/га, или в расчете на 1 кормовую единицу соответственно по первому и второму укосам 178–182 и 154–163 грамма. Приведенные данные говорят о высоких кормовых достоинствах галеги восточной.

1.3.7 СОДЕРЖАНИЕ АМИНОКИСЛОТ

Галега содержит все аминокислоты, необходимые для нормальной жизнедеятельности животных. Максимальное содержание суммы аминокислот приходится на фазу стеблевания – 183,5 грамма на килограмм сухого вещества, в фазе цветения оно снижается на 30%, но состав аминокислот остается постоянным [96; 140]. Зеленая масса галеги по количеству аминокислот не уступает таким распространенным кормовым культурам, как клевер луговой, тимофеевка луговая и костер безостый, а по содержанию незаменимых аминокислот – лизина, валина, метионина, аргинина и гистидина превосходит их.

1.3.8 НАКОПЛЕНИЕ ВИТАМИНОВ

Одним из показателей питательной ценности зеленой массы является содержание витаминов. По данным А.Д. Бобровой, в зависимости от фазы вегетации, аскорбиновой кислоты (витамина С) в кормовой массе галеги восточной содержится от 136,2 до 522,1 мг/100 г сухого вещества, каротина – 45–60 мг/100 г сухого вещества, суммарное содержание хлорофиллов – 748,6 мг/кг, тиамин (витамин В₁) – 2,5–4,33 мг %, рибофлавин (витамин В₂) – 56,8–186 мг %, флавонолов – 276–848 мг %. Исследователь указывает, что сумма дубильных и красящих веществ составляет 0,55–4,5% от абсолютно сухого вещества [10].

1.4 БЕЛКИ СЕМЯН В СОРТОВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Известно, что четкая идентификация видов, сортов, биотипов по определенным признакам – важнейшая задача в работе ботаников, генетиков и селекционеров [78]. Она необходима для точного и объективного определения видовой и сортовой принадлежности растения, выявления и выделения желаемых генотипов из сложных естественных, сортовых популяций.

А.Н. Палилова с сотрудниками определила полиморфизм по перекрестноопыляемости у сортов таких самоопылителей, как пшеница, ячмень, узколистый люпин и других культур [97]. Они считают, что полиморфизм по степени перекрестноопыляемости является генетически стабилизирующим, обеспечивающим оптимальный уровень гетерозиготности в популяции. По мнению Л.В. Хотылевой и А.Н. Палиловой, В.К. Савченко и других исследователей [97; 99; 118; 147], источником возникновения полиморфизма по степени перекрестноопыляемости выступает генетический баланс, формируемый отбором на автофертильность в условиях самоопыления и разрушения этого баланса осуществляется естественной гибридизацией.

Принципиально новые возможности для сортовой идентификации открылись с появлением методов белковых маркеров [47–50]. Преимущество белка как биохимического маркера состоит в том, что эта сложная молекула обладает отчетливо выраженной биологической специфичностью [17]. Поэтому белок сам по себе непосредственно отражает принадлежность организма к какому-либо генотипу и может быть использован: а) как фактор идентификации отдельных генетических систем, сортов, линий и т.д.; б) как маркер определенных хозяйственно-ценных признаков, т.к. установлена сопряженность определенных белков с качеством зеленой массы, продуктивностью, устойчивостью к болезням, зимостойкостью и другими хозяйственно полезными свойствами растений. Доказана перспективность использования белков в качестве маркеров хозяйственно-ценных генотипов по ряду наиболее важных признаков [47–50; 113]. Изучение качественного и количественного состава белков позволяет на новом уровне развивать изучение структуры популяций, выявить генетическую гетерогенность в морфологически однородных естественных и культивируемых популяциях [49].

Метод белковых маркеров принят Международной ассоциацией семенного контроля (ISTA) на 21-м конгрессе как «стандартный арбитражный метод идентификации сортов пшеницы и ячменя электрофорезом в полиакриламидном геле» и включен с 1987 года в Международные правила анализа семян.

Следует подчеркнуть, что метод белковых маркеров не может полностью заменить анализ внутривидовой изменчивости по морфологическим признакам. Эти методы органично дополняют друг друга: первый позволяет идентифицировать определенные полипептиды, локусы генома, характерные для данного генотипа, а также позволяет выявить многочисленные генетические изменения, происходящие в растительном организме, не затрагивающие морфологические признаки. Подобно «отпечаткам пальцев» белковые спектры отражают генотипические различия между сортами, биотипами, линиями [48]. Другой (морфологический) дает возможность быстро и без малейших затрат отнести то или иное растение к определенному таксону, установить хозяйственно-ценные признаки растения, его болезни и др.

Электрофорез в ПААГ позволяет получить индивидуальные белковые спектры для каждого исследуемого растения. Принцип метода основан на различной электрофоретической подвижности, которая зависит от заряда, массы и формы молекул, что в конечном счете обусловлено первичной структурой белка, а следовательно, и геномом, кодирующим этот белок. Электрофорез белкового спектра – важная информация о структуре генома [47]. Ценность электрофоретического анализа определяется и тем, что использование этого метода перспективно для популяционного анализа сортов [78; 119]. Это важный путь к раскрытию генетического потенциала

сорта и выявлению в нем скрытых запасов генетической и биохимической изменчивости [47].

Запасные белки отличаются по ряду признаков. Они тканеспецифичны, позднее других белков появляются в онтогенезе, дольше накапливаются и в первую очередь расходуются при прорастании семян. Синтезируются запасные белки по типу секреторных белков, т.е. на полисомах, связанных с мембранами эндоплазматического ретикулума, и откладываются в семенах в виде алейроновых зерен или белковых тел. Впервые алейроновые зерна были выявлены Хартигом в семенах люпина [4]. В биохимическом отношении запасные белки двудольных представляют собой глобулины с довольно сложной четвертичной структурой молекулы [47].

Что касается электрофореза запасных белков галеги восточной, то данный метод никогда не применялся для изучения семян исследуемой культуры. В связи с этим анализ качественного и количественного состава запасных белков семян у галеги восточной и разработка в дальнейшем приемов его использования в селекции является актуальным научным исследованием, имеющим как теоретическое, так и практическое значение.

1.5 ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИЗНАКОВ

Широко возделываемых сортов галеги восточной не много. Это сорта Гале, Магистр, Горно-алтайский и другие [27; 111]. В настоящее время перед селекционерами стоит важная задача: на уровне индивидуальных растений и на основе отечественного и зарубежного материала, используя генфонд коллекций, создать новые высокопродуктивные сорта [137; 190].

Такие исследователи, как Х. Райг, Ю.А. Утеуш (1989) [111; 112; 139], считают, что для выявления наиболее ценных форм и создания в дальнейшем из них высокопродуктивных с высокопитательной зеленой массой сортов необходимо изучить внутривидовое разнообразие у перекрестноопыляющейся культуры, какой является галега восточная. «Перекрестноопыляющуюся культуру можно сравнить с фондом генов, вступающих в разнообразные сочетания и формирующих новые генотипы в каждом поколении. Одно растение дает гаметы многих различных типов, которые всегда, или в большинстве случаев, комбинируются с гаметами других растений в популяции. Задача селекционера – создать наиболее желательный фонд генов», – отмечали Бриггс и Ноулз [11].

С учетом вышеизложенного представляется важным изучение полиморфизма галеги восточной по фенологическим, физиологическим, морфобиологическим и биохимическим признакам, что позволит не только оценить состояние популяций, но и выявить наиболее ценные морфотипы для дальнейшего их использования как исходного материала в селекции новых сортов.

ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования служили следующие образцы галеги восточной, полученные нами в виде семян: образец 1 – частично окультуренный, получен из коллекции ВИР (ранее выращивался в природных условиях Краснодарского края); образец 2 – растения выращивались на Сельскохозяйственной опытной станции Архангельской области; образец 3 – частично окультуренный в условиях ЦБС НАНБ; образец 4 – семена собраны в природной популяции у подножья горы Маленький Тхач (Республика Адыгея); образец 5 – семена собраны в Апшеронском районе (Краснодарский край). В качестве контроля использовали районированный в Эстонии сорт Гале.

Сорт Гале выведен путем массового отбора в результате сотрудничества ученых Эстонского института земледелия и Всесоюзного института кормов; отличается зимостойкостью, засухоустойчивостью и долголетием, дает высокие урожаи семян и зеленой массы. Растения сорта характеризуются следующими признаками. Кусты прямостоячие, высотой до 150 см, кустистость низкая – от 5 до 20 стеблей. Стебли среднегубые, неопушенные, темно-зеленые, ветвистость хорошая. Листья непарно-перистые, состоят из 9–15 листочков яйцевидной формы в нижнем ярусе и продолговато-яйцевидной – в верхнем. Листья неопушенные, нежные, насыщенно-зеленого цвета с округлыми светло-зелеными прилистниками. Облиственность 41%. Соцветие – рыхлая прямостоячая кисть длиной 20–30 см. Цветки сине-фиолетовые, бобы линейные, слабоизогнутые, шиловиднозаостренные, длиной 2–4 см. Бобы не опадают и не растрескиваются. Семена почковидные, длиной 2–3,5 мм, зеленовато-желто-коричневые. Твердосемянность достигает 35%. Семена перед посевом нуждаются в скарификации. Масса 1000 зерен 5,5–9,0 г [111].

2.2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Экспериментальные данные и результаты наблюдений, изложенные в диссертационной работе, получены путем выполнения вегетационных, полевых и лабораторных опытов.

2.2.1 МЕТОДИКА ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Опыты закладывали в вегетационном павильоне Центрального ботанического сада НАН Беларуси. Изучали морфофизиологические особенности на начальных этапах онтогенеза растений галеги восточной. Семена

высевали в ящики размером 1×1×0,5 м, заполненные дерново-подзолистой почвой. По мере роста и развития растения выкапывали, отмывали от почвы, измеряли длину, ширину листьев и их черешков, длину корня, высоту всего растения. Кроме того, подсчитывали количество листьев, количество побегов ветвления и кущения, боковых корней у главного корня.

2.2.2 МЕТОДИКА ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Согласно классификации типов органического покрова [46; 92], семена галеги восточной относят к типу с экзогенным физическим покоем, для которого характерна твердосемянность. Поэтому перед посевом их обрабатывали концентрированной серной кислотой в течение 60 мин, затем промывали водой. Полевые мелкоделяночные опыты проводили в Институте земледелия и селекции НАН Беларуси Смолевичского района Минской области. Почва опытного участка – дерново-подзолистая, легкосуглинистая, подстилаемая на глубине 30–50 см песком. Характеризуется следующими агрохимическими показателями: рН солевой вытяжки (КСИ) – 6,2; содержание гумуса (по Тюрину) – 2,62%; P₂O₅ (по Кирсанову) – 190 мг/кг; K₂O (по Масловой) – 164 мг/кг; N общ. – 0,128%.

Посев семян проводили в мае вручную с междурядьями 45 см. Перед посевом были внесены фосфорно-калийные удобрения из расчета P60K90.

В 1-й и 2-й годы исследований проводили ручную прополку. В течение трех лет изучали особенности роста и развития растений. Фенологические наблюдения вели по методике И.Н. Бейдеман [8; 72; 146]. В 1-й год жизни регистрировали время наступления следующих фаз: появление всходов, ветвление, кущение. Во 2-й и последующий годы – весеннее отрастание, стеблевание, бутонизация, цветение, созревание семян.

Для анализа растения срезали в фазу плодоношения, снабжали этикеткой, помещали в полиэтиленовый пакет и доставляли в лабораторию для анализа. В лабораторных условиях описывали каждое растение по 25 морфологическим параметрам: высоте и диаметру стебля, длине и ширине листовой пластинки, длине и ширине 4-го сложного листа, длине его черешка; длине и ширине соцветия, плода, массе всего растения, семян, наличию антоциановой окраски листьев и побегов и др.

Во 2-й и 3-й годы исследований оценивали потенциальную и реальную семенную продуктивность (РСП), процент семинификации (ПС) согласно методикам И.В. Вайнагия, Р.С. Левина [13; 58]. РСП – количество семян на генеративный побег; РСП – обозначает количество семян на генеративный побег; ПС показывает, какой процент семян развился в семена.

Исследования в 1-й год проводили на 100 побегах каждого образца, а в дальнейшем количество анализируемых растений было ниже, поскольку

в первую зиму часть растений выпала. В связи с этим во 2-й и 3-й годы исследований количество анализируемых растений составило: у образцов 1, 2 и сорта Гале 100, у образца 3 – 63, у образца 4 – 48, у образца 5 – 78.

Площадь листьев измеряли в фазу полной спелости [23; 73; 74]. Для этого листья с растений отбирали и взвешивали, делали высечки сверлом определенного диаметра. Зная вес и площадь высечек, а также общий вес листьев, определяли общую площадь листьев (S , в дм^2) по формуле:

$$S = (P \times S_1 \times n) / P_1,$$

где S_1 – площадь одной высечки (см^2),

n – число высечек,

P – общий вес листьев (в г),

P_1 – вес высечек (в г).

2.3 БИОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

2.3.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СУХОГО ВЕЩЕСТВА

Количество сухого вещества в образцах определяли методом сухого остатка без предварительного подсушивания. Бюксы с растительным материалом просушивали в сушильном шкафу до постоянного веса при температуре 105–110 °С. Конечное содержание сухого вещества (X , %) определяли по формуле: $X = (M_1 : M_2) \times 100$, где M_1 – сухая биомасса навесок (г), M_2 – сырая биомасса навесок (г), 100 – коэффициент перевода в проценты [102].

2.3.2 МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ

Экстракцию пигментов в листьях галеги восточной проводили 99,5% ацетоном по методу А.А. Шлыка [152]. Для этого отбирали среднюю пробу листьев, делали 3 навески по 200 мг каждая. Навеску растирали в фарфоровой ступке с песком, добавляя ацетон небольшими порциями. Экстракт фильтровали через стеклянный фильтр № 2–3, доводили ацетоном до 10 мл. Оптическую плотность раствора измеряли на спектрофотометре (СФ-46), при трех длинах волн: 662, 640 и 440 нм против 99,5% ацетона. Концентрацию хлорофиллов и каротиноидов в растворе рассчитывали по следующим формулам:

$$Ca = 9,784E662 - 0,99E644$$

$$Cb = 21,426E644 - 4,65E662$$

$$Ccar = 4,695E440.5 - 0.268(Ca + Cb),$$

где E – найденное для исследуемого раствора поглощение, отсчитываемое по шкале спектрофотометра при указанных длинах волн. Содержание фотосинтетических пигментов рассчитывали на 1 г сухого вещества [21]. Определение количества фотосинтетических пигментов (хлорофиллов а и b, каротиноидов) в расчете на 1 г проводили по следующей формуле:

$$A = \frac{C * V}{1000 * a},$$

где A – количество пигментов в мг/г сухой массы,
 C – концентрация пигментов (мг),
 V – объем вытяжки (мл),
 a – навеска (г).

2.3.3 МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ АЗОТА

Общий азот определяли по общепринятому методу [102]. Для этого с опытных делянок отбирали растительные образцы, которые фиксировали в сушильном шкафу при 105 °С в течение 15 мин и высушивали до воздушно-сухого состояния при комнатной температуре. Воздушно-сухую навеску (50 мг) тонко размолотых и тщательно перемешанных растительных образцов минерализовали концентрированной серной кислотой, используя в качестве катализатора 30% перекись водорода. После сжигания проводили окрашивание реактивом Неслера и определяли интенсивность окраски на ФЭК-60. Аналитическая повторность – трехкратная.

Белковый азот определяли путем его осаждения 50% (ТХУ) трихлоруксусной кислотой. Для этого брали навеску 200 мг воздушно-сухой массы, растирали в фарфоровой ступке, приливая маленькими порциями горячую дистиллированную воду. После переноса в мерный стакан на 50 мл, доводили до кипения и добавляли 5 мл 50% ТХУ. С окончанием фильтрования, фильтр высушивали при температуре 50–60 °С и помещали в колбу для сжигания. Дальше анализ шел аналогично методике определения общего азота [102].

Небелковый азот определяли расчетным путем по разнице между общим и белковым.

2.3.4 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЛКОВ

Выделение белков. Семена галеги восточной растирали в фарфоровой ступке при температуре +4°С в среде выделения, содержащей 50 мМ трис – HCl pH 7,5 0,25 М сахарозы, 2 мМ MgCl₂ 1 Мм дитиотриэтол (ДТТ). Гомогенат фильтровали через нейлоновый фильтр и центрифуги-

ровали при 10000 об./мин в течение 10 минут на центрифуге Т-24 (для получения растворимой фракции). Полученные белковые фракции хранили при температуре -20°C .

Электрофорез белков. Электрофоретическое исследование белков га-леги восточной проводили по методу Лэммли [178] с использованием 6% концентрирующего и 12% разделяющего ПААГ в присутствии 10% додецисульфата натрия (SDS). Непосредственно перед проведением электрофореза исследуемые образцы (концентрация белка – 50 мкг) растворяли в буфере (в соотношении 1:1), содержащем 100 мМ трис – HCl, pH 6,8, 5% SDS, 2% – β -меркаптонола, прогревали на кипящей водяной бане в течение 2 минут, центрифугировали при 8000 об./мин 5 минут и супернатант использовали для электрофореза. Электрофоретическое разделение белков проводили в вертикальных пластинах в буфере, содержащем 25 мМ трис-HCl, pH 8,3, 192 мМ глицина, 0,1% SDS в течение 3 часов. Начальный режим электрофореза: 20 мА, 40–60 В, затем после вхождения красителя в разделяющий гель – 40 мА, 100–200 В. После разделения белковых фракций гели фиксировали в 20% ТХУ в течение 1 часа, окрашивали 0,1% ку-масси голубым R-250 в растворе 25% пропанола и 10% уксусной кислоте в течение ночи, от избытка красителя отмывали раствором 25% пропанола и 7% уксусной кислоты, дистиллированной водой, а затем высушивали на вакуумной гелевой сушке Dry gel Sr (slab gel druer – Model SE/60) (USA) [105; 178].

Интенсивность окрашивания зон оценивали на лазерном денситометре 2202 и ULTROSCAN фирмы LKB Bromma. Определение молекулярных масс исследуемых пептидов производили с использованием программного обеспечения для ПЭВМ (Sigma Gel, Германия) на основе стандартных белковых маркеров (фирма «Sigma»).

Количественное содержание белков определяли по методу Бредфорда [102; 134].

Общий белок определяли по методу Кьельдаля [102].

2.4 МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В ПЕРИОД ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ

Институт земледелия и селекции НАН Беларуси Смолевичского района Минской области, на полях которого был заложен опыт, находится в центральной части Беларуси. Климат этой зоны умеренно-континентальный, влажный, с мягкой зимой и прохладным летом. Средне-годовая норма осадков составляет около 650–700 мм. Количество осадков во влажные годы может достигать 1000 мм. В более засушливые годы этот показатель уменьшается до 400 мм. На теплый период года приходится около 70% всей годовой суммы осадков. Снежный покров сохраняется 75–125 дней в году. Средняя годовая температура воздуха около 6°C . Большая

половина дней в сезоне имеет среднюю суточную температуру в пределах: зимой – от 0 до -10 °С; весной и осенью – от 0 до 10 °С; летом – от 10 до 20 °С. Максимально наблюдаемые температуры достигают 35–38 °С, а минимальные опускались до -35 – -41 °С.

Период вегетации растений составляет около 190 дней и за это время накапливается в среднем 2600 °С активных температур. Ветры преобладают с запада: летом – северо-западные, зимой – юго-западные. Весной вероятнее юго-восточные, осенью – западные [43].

В годы проведения исследований имели место отклонения среднесуточной температуры воздуха и количества выпавших осадков от средних многолетних значений этих показателей, что оказало определенное влияние на рост, развитие и продуктивность галеги восточной.

На протяжении вегетационного периода 1-го года исследования зафиксировано два четких пика среднесуточных температур: минимальный, связанный с длительным похолоданием, пришелся на конец мая и закончился в конце июня, следующий минимальный пик наступил в октябре. Максимальный пик, возникший из-за стремительного потепления, – третья декада июля – первая декада августа. Распределение осадков было крайне неравномерным. Так, максимум осадков приходится на июль и первую декаду августа. Минимум осадков зафиксирован в мае (рисунок 2.1а). На протяжении вегетации, особенно в июне и июле, наблюдалось частое чередование солнечных и пасмурных дней и наоборот, что связано с выпадением осадков и прояснениями.

Одним из наиболее холодных за послевоенный период месяцев оказался декабрь. Осадки наблюдались в основном в виде снега и выпадали главным образом во второй половине декабря. На конец декабря поля оказались укрыты снежным покровом высотой 15–30 см. Холодная погода обусловила значительное промерзание почвы. Так, на 20 декабря нижняя граница промерзания находилась на глубине 25–50 см. Однако для перезимовки многолетних трав агрометеорологические условия складывались удовлетворительно.

Отмечавшиеся морозы в основном не были опасны для зимующих культур. В последующем, в результате значительного увеличения высоты снежного покрова посевы оказались надежно защищены от воздействия низких температур.

В январе установилась оттепельная погода, поэтому началось подтаивание снега, что способствовало нарушению у посевов состояния глубокого покоя. Условия вегетационного периода 1-го года исследований были менее благоприятными для роста и развития растений. Весна характеризовалась дефицитом осадков (рисунок 2.1б), за это время их выпало 50–80% от нормы. Кроме того, наблюдались заморозки. Так, в фазу бутонизации в первой декаде мая было отмечено понижение температуры до -5 °С, что значительно повлияло на рост и развитие растений галеги восточной. Лето характеризовалось недобором осадков. Сухая жаркая погода, удерживав-

шаяся длительный период, привела к большой потере почвенной влаги, что значительно повлияло на особенности цветения и снижения урожая семян. В сентябре месячное количество осадков также было меньше нормы (норма 50–71 мм).

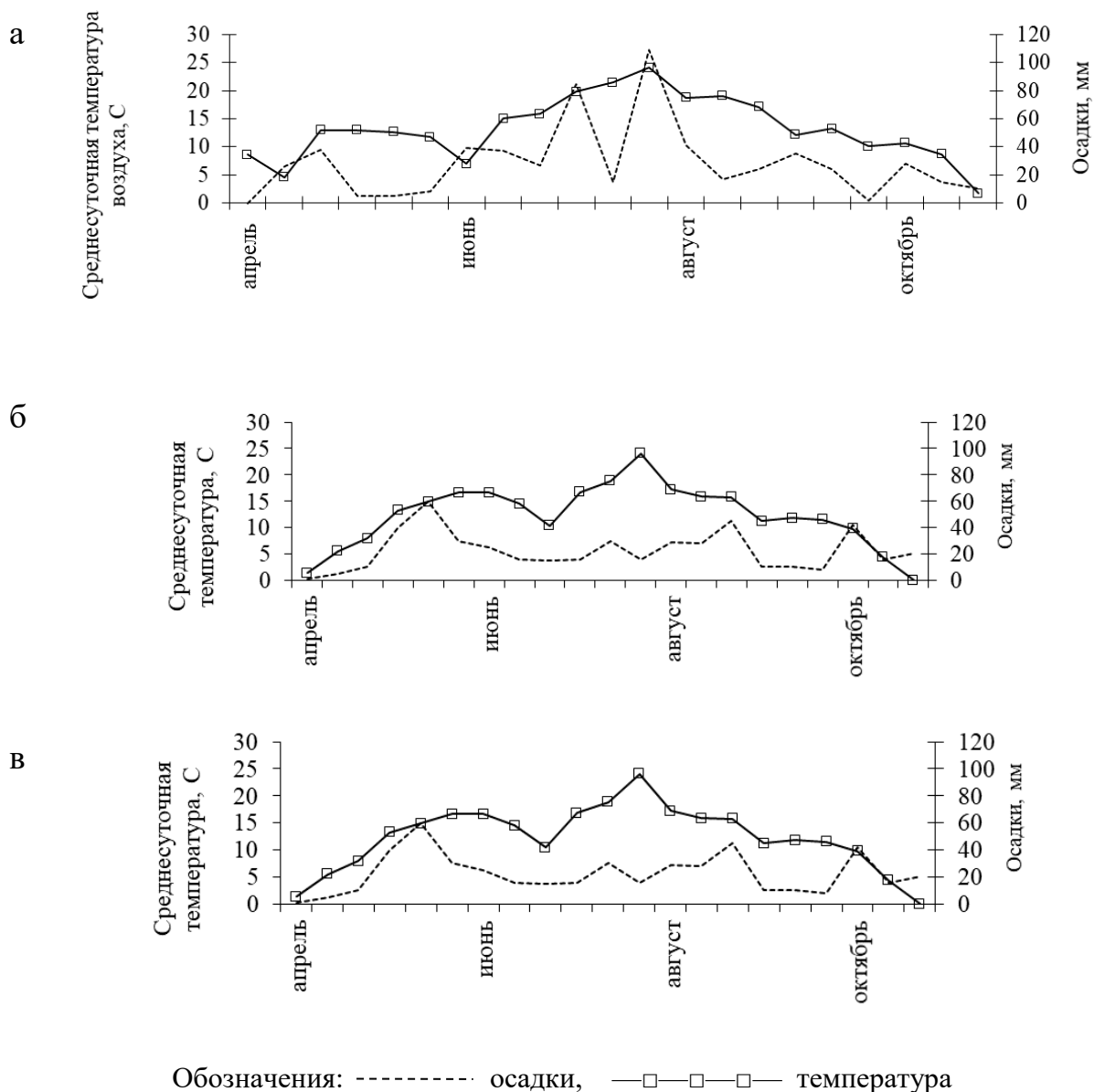


Рисунок 2.1 – Динамика изменения среднесуточных температур воздуха и количества осадков в течение вегетации: а – в 1-й год исследований; б – во 2-й год исследований; в – в 3-й год исследований

Декабрь 2-го года исследований оказался сложным для зимующих культур (рисунок 2.16). В первой половине месяца низкие температуры воздуха при отсутствии снега представляли угрозу посевам. В самые холодные дни температура почвы на глубине 3 см понижалась до -14 . При -18 °С наблюдалась повышенная изреженность многолетних трав.

В дальнейшем, после выпадения снега, до конца месяца температура почвы на глубине залегания корневой шейки трав была не ниже -10°C . Вследствие незначительного количества выпавших осадков и повышенной, по сравнению с нормой, температурой метеоусловия были не совсем благоприятными для развития растений в фазу цветения и созревания семян.

В 3-й год исследований январь и февраль характеризовались как холодные месяцы, однако были благоприятными для многолетних культур (рисунок 2.1в) [2]. В мае погодные условия были вполне нормальными для отрастания трав. Июнь характеризовался теплой погодой, с дефицитом осадков, низкой относительной влажностью воздуха, что привело к быстрой потере влаги из почвы; дожди носили преимущественно кратковременный характер, наблюдался недобор осадков. В июле дожди проходили редко, но наблюдалась теплая погода в условиях достаточной влагообеспеченности. В августе была неустойчивая, но теплая погода, а в сентябре преобладала умеренно-теплая, но наблюдался дефицит осадков. Октябрь был холодным.

ГЛАВА 3

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ (*GALEGA ORIENTALIS* LAM.) В ПРОЦЕССЕ РОСТА И РАЗВИТИЯ В 1-Й ГОД ЖИЗНИ

Одной из задач исследований было изучение внутривидовой изменчивости галеги восточной по морфофизиологическим признакам растений на начальных этапах онтогенеза.

Значительная часть семян галеги восточной имеет труднопроницаемую для воды и воздуха оболочку [89; 108; 130]. Это явление получило название твердокаменности или твердосемянности. У галеги твердокаменность составляет 50–98%. Особенно много семян с твердой оболочкой встречается в урожае, полученном в засушливые годы. Твердосемянность способствует сохранению вида в дикой флоре, главным образом при семенном размножении, обуславливая разновременное прорастание семян в течение всего лета и даже на 2-й год. Согласно классификации типов органического покоя [93], семена галеги восточной относят к типу с экзогенным физическим покоем; их всхожесть перед посевом можно увеличить путем скарификации до 95–100% [24; 46; 87; 88; 108].

Поскольку существующих различий по морфологии семян не установлено, мы приводим данные для сорта Гале. Семена галеги восточной сорта Гале почковидной формы с выемкой у рубчика, длиной $3,0 \pm 0,5$ мм и шириной $2,0 \pm 0,1$ мм, светло-коричневые, матовые, гладкие. Масса 1000 семян колеблется от 5,5 до 9 г. Зародыш имеет две продолговатые семядоли, длиной $3,3 \pm 0,1$ мм и шириной $1,7 \pm 0,2$ мм. У набухших семян длина семядолей увеличивается в основном до $3,9 \pm 0,2$ мм, а ширина до $2,2 \pm 0,3$ мм. Из зародыша формируется проросток, который имеет главный корень, развивающийся из зародышевого корешка, гипокотиль – с двумя продолговато-эллиптическими семядолями и верхушечной почечкой. Семенам галеги свойственно надземное прорастание, т.е. вынос семядолей на поверхность почвы. После выхода на поверхность почвы семядольные листочки мясистые, цельнокрайные, голые, ярко-зеленого цвета. Это первые ассимилирующие органы на протяжении 10–15 дней. Они продолговатояйцевидные, длиной $1,5 \pm 0,3$ см и шириной $0,6 \pm 0,05$ см. Гипокотиль светлый, его длина составляет $1,5 \pm 0,06$ см. Массовые всходы в условиях опыта отмечены на 18-е сутки после посева.

В последующем из верхушечной почки развивается эпикотиль и первый, как правило, один простой однопластинковый лист. Он появляется на 2–5-й день после всходов. Первый однопластинковый настоящий лист галеги округлый, цельнокрайный, длиной $4,0 \pm 0,3$ см, шириной

1,7±0,05 см. Как показали наши исследования, количество таких округлых однопластинковых цельнокрайных листьев может образовываться на побеге до четырех штук. У разных образцов доля морфотипов с одним, двумя, тремя и четырьмя однопластинковыми простыми листьями в выборке различна (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Доля растений в выборке с одним, двумя, тремя, четырьмя простыми однопластинковыми листьями у образцов галеги восточной

Образец	% морфотипов с одним однопластинковым листом	% морфотипов с двумя однопластинковыми листьями	% морфотипов с тремя однопластинковыми листьями	% морфотипов с четырьмя однопластинковыми листьями
1	55	15	20	10
2	60	20	10	10
3	50	25	15	10
4	40	30	15	15
5	40	35	15	10
сорт Гале	80	10	5	5

Морфологический анализ показывает, что у морфотипов с двумя округлыми цельнокрайными однопластинковыми листьями они располагаются поочередно у двух первых нижних узлов; у морфотипов с тремя такими листьями – первый располагается у нижнего узла, два следующих – супротивно на выше расположенном узле; у морфотипов с четырьмя – на трех узлах на побеге: два первых по одному у узлов, два следующих – супротивно у третьего узла (рисунок 3.1) [59; 62]. Второй лист у подавляющего большинства растений в выборке двойчатосложный. Листочки двойчатосложного листа удлиненно-яйцевидные, длиной 4,6±0,13 см, шириной 1,6±0,05 см. Третий лист тройчатый, длина его составляет 6,3±0,07 см, а ширина 2,0±0,3 см. Длина гипокотила через 5–8 дней составляет 1,7 см. К моменту формирования третьего настоящего листа размеры предыдущих листьев значительно увеличиваются. На этой стадии у галеги восточной начинается интенсивное развитие надземных органов. Главный корень развивается значительно медленнее и его длина составляет всего 6,1±0,3 см. У главного корня на этой фазе формируется до 9,3±0,4 шт. мелких боковых корней длиной 2,2±0,1 см.

При появлении четвертого листа у растений отмирают семядоли. Высота побега увеличивается до 25±0,3 см. Наблюдается формирование тройчатых, а затем непарноперистых листьев с 2–3-мя и более парами листочков. Длина четвертого листа составляет 4,5±0,2 см, а ширина 1,6±0,3 см.

Главный корень достигает длины $16,5 \pm 0,4$ см, а количество боковых корней составляет $20,3 \pm 0,1$ штук [87]. На 44–47-й день после посева на фазе 5–6 листьев наступает стадия ветвления. Из пазушной почки первого однопластинкового листа, а позже и последующих листьев начинают появляться побеги, количество которых к концу вегетации на одном растении достигает 5 штук (рисунок 3.2).

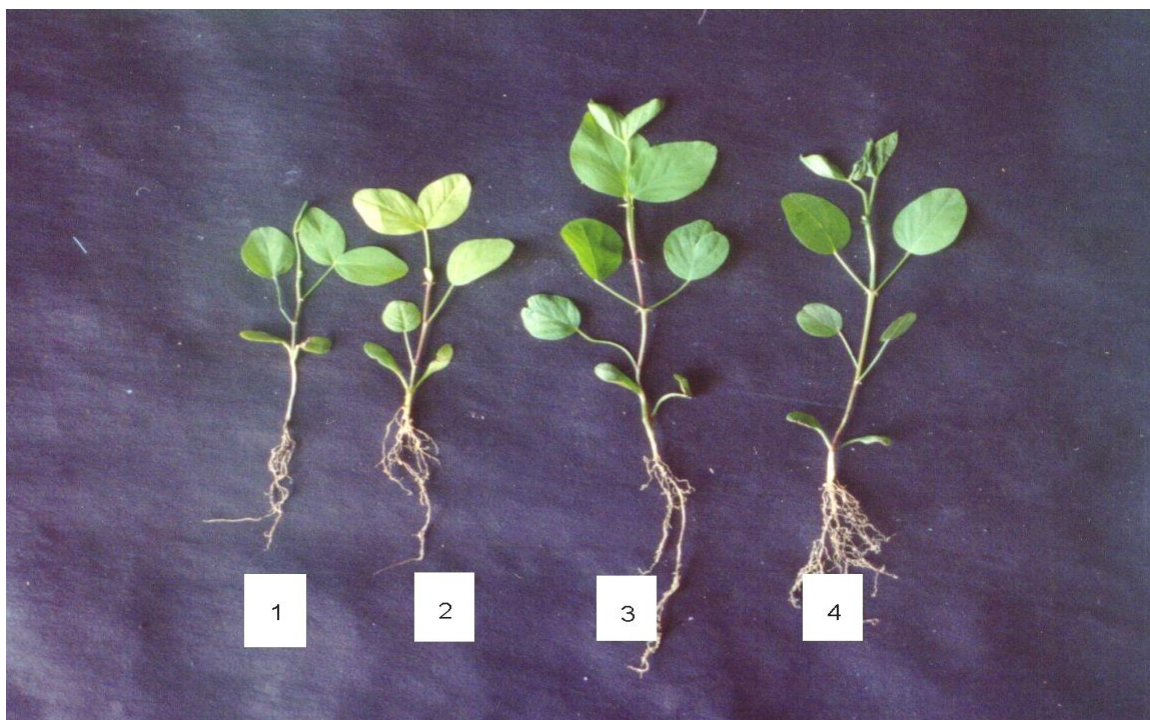


Рисунок 3.1 – Морфотипы с одним, двумя, тремя и четырьмя однопластинковыми простыми листьями (слева направо)

1 – растение, у которого имеются две зеленые семядоли, первый однопластинковый лист и второй двойчатосложный; 2 – растение, у которого имеются две зеленые семядоли, два однопластинковых листа и третий двойчатосложный; 3 – растение, у которого имеются две зеленых семядоли, три однопластинковых листа и четвертый двойчатосложный; 4 – растение, у которого имеются две зеленые семядоли, четыре однопластинковых листа и пятый двойчатосложный.

Длина побегов ветвления на этой стадии составляет от 7 до 9 см. Длина пятого листа – $12,3 \pm 0,2$ см.

Через 55–58 дней после посева наступает фаза кущения. Побеги кущения начинают развиваться на нижней части главного побега из пазушных почек семядольного узла (рисунок 3.3). У основания побегов кущения под зиму закладывается до пяти почек возобновления [61; 87].

По типу корневой системы галега восточная относится к стержнекорневым растениям, образующим корневые отпрыски. Корневая система

мощная, но сравнительно поверхностная, проникает в почву на глубину 50–80 см. Она состоит из главного стержневого корня и многочисленных боковых ответвлений с густой сетью мелких нитевидных корешков. На корнях галеги появляются клубеньки, на одном растении их может образоваться до 1500 штук. В 1-й год жизни растений клубеньки формируются в июле – августе, в период активного роста. Как отмечает ряд авторов [24; 168], если проводить предпосевную инокуляцию семян, развитие растений происходит значительно быстрее. На главном корне на глубине 4 см формируется от 2 до 18 корневищ (рисунок 3.4). Длина корневищ достигает в основном 25 см. Корневища прорастают горизонтально поверхности почвы на глубине 2–3 см, затем верхушка корневища делает отрицательный геотропический изгиб и при выходе на поверхность почвы дает побеги возобновления.

Благодаря этой способности к вегетативному размножению травостой галеги с годами не изреживается, а, наоборот, все более загущается. На подземной части стеблей растения ежегодно образуются 3–4 зимующие почки. Таким образом, возобновление растений обеспечивается за счет корневых отпрысков и зимующих почек. В год посева корни имеют светлую окраску, начиная со 2-го года жизни становятся светло-коричневыми. Следует отметить, что главный побег у галеги восточной сохраняется только в 1-й год жизни. К концу периода вегетации он отстает в росте от побегов кущения. С наступлением заморозков надземная масса галеги восточной отмирает.

Во 2-й и последующие годы жизни отрастание растений начинается рано. Вначале формируется розетка листьев, а спустя 10–14 дней начинается рост стеблей. Обладая весной высокой энергией роста, растения очень продуктивно используют влагу, накопленную в почве за осенне-зимний период [61; 83; 84; 86]. Среднесуточные приросты в высоту составляют 2,5–3 см, а в благоприятные годы – 5–7 см. Семена начинают созревать через 30–40 дней после цветения.

В процессе цветения и созревания стебли растений грубеют, но вместе с листьями остаются зелеными до полной спелости семян. После уборки зеленой массы на корм или сено формируется урожай отавы. Его величина сильно зависит от количества осадков и влагоемкости почвы. Во второй половине сентября растения второго укоса вступают в фазу цветения. Цветут главным образом те побеги, которые в первом укосе были недоразвитыми.

Продолжительность жизни растений зависит от многих факторов. Наиболее сильно влияют на нее удобрения и интенсивность использования травостоя.



Рисунок 3.2 – Фаза ветвления
(побеги ветвления 1-го и 2-го порядка)
(показаны стрелками)



Рисунок 3.3 – Почки
семядольного узла зеленого цвета,
дающие начало побегам кушения



Рисунок 3.4 – Фаза кушения.
Видны побеги первого (1) и второго
порядка (2) ветвления.
Показан первый побег кушения и шесть
корневищ (3)

Репродуктивная стадия у растений начинается на 2-й год жизни в середине второй декады мая и включает фазы бутонизации, цветения и созревания семян. Фаза бутонизации непродолжительная, длится 8–10 дней. Зацветает галега восточная в условиях Беларуси в третьей декаде мая. От весеннего отрастания до полного цветения проходит 37–43 дня. Цветки имеют типичное для бобовых строение, но они у галеги восточной открытые, с неглубоким расположением нектарников. Это способствует более быстрому и эффективному опылению и лучшему завязыванию семян. Цветки довольно крупные, имеют синюю окраску с бледно-фиолетовым оттенком. Цветок, как и у всех бобовых растений, состоит из паруса, двух крыльев и тупой лодочки, в которой заключено 10 сросшихся тычинок и пестик, который несколько длиннее тычинок. Пыльники ярко-желтого цвета. Растение образует мощный куст с 10–18 стеблями, высотой от 100 до 150 см. Стебель прямостоячий, полый, трубчатый, с неглубокими плоскими бороздками, матово-зеленой окраски. На стебле от 7 до 14 междоузлий. В верхней части он ветвится.

На узлах стебля находятся крупные, сложные, непарноперистые листья длиной 15–30 см, состоящие из 9–15 яйцевидных или продолговатояйцевидных листочков. Длина листочка 4–8 см, ширина – 2–5 см. Листья сверху темно-зеленые, снизу желтовато-зеленые. Жилкование листочков светлое неровное. Края их опушены мелкими волосками. Верхушечная часть листочка имеет небольшой шипик длиной от 0,5 до 1 мм. Длина черешка нижних листьев 3–16 см, верхних – 1–6 см. Листья при скашивании и сушке растений не осыпаются, что очень важно для получения качественного сена.

Соцветие галеги восточной – прямостоячая кисть длиной 15–20 см и более. На каждом стебле 3–4 соцветия. В каждой кисти 25–75 крупных сине-фиолетовых цветков.

Плод – линейный, слабоизогнутый, на конце заостренный боб. Длина его 2–4 см. Окраска бобов бурая, светло- или темно-коричневая. При созревании они не растрескиваются и не опадают. В плодах заключено по 3–7 семян, но встречаются бобы с 9–14 семенами. Семена у галеги почковидной формы, несколько крупнее, чем у клевера и люцерны. Окраска свежесобранных семян желтовато-зеленая или оливковая, при хранении они становятся светло-коричневыми, а затем темно-коричневыми. Масса 1000 семян – 5,5–9,0 г. При их созревании отмечаются фазы молочной, восковой и полной спелости, которые наступают в третьей декаде июля – первой декаде августа (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 – Бобы и семена галеги восточной в фазах молочной (1), восковой (2) и полной (3) спелости

Основными показателями при определении фазы спелости являются окраска и плотность плодов и семян, а также консистенция семян. Значительная часть семян имеет труднопроницаемую для воды и воздуха оболочку.

Как следует из литературных данных, стадия старения у галеги восточной наступает после 15 лет возделывания [154]. Посевы к этому времени сильно изреживаются, хотя их продуктивность начинает снижаться уже на 8–9-й годы [57]. В то же время имеются многочисленные сведения о том, что плантации галеги восточной могут сохраняться без существенного снижения продуктивности несколько десятилетий. В коллекции ЦБС НАН Беларуси имеется хорошо сохранившаяся к настоящему времени плантация галеги восточной 1973 года посева [117–119; 154].

Нами предпринята попытка обобщить полученные экспериментальные материалы в форме шкалы стадий роста и развития галеги восточной в первый и последующие годы жизни.

За основу взята «Единая шкала фенологических стадий развития растений (код ВВСН)» [63], согласно которой каждая стадия разделяется на подстадии (первая цифра – стадия, следующая – подстадия).

Весь жизненный цикл у галеги восточной нами разделен на 5 главных стадий с обозначениями от 0 до 5. В 1-й год жизни 4 стадии: 0 – прорастание и появление всходов, 1 – вегетативная, 2 – ветвление, 3 – кущение, во 2-й и последующие годы одна стадия 4 – репродуктивная.

Таблица 3.2 – Стадии роста и развития галеги восточной

Код	Определение	Пояснение
1-Й ГОД ЖИЗНИ		
0. Прорастание и появление всходов		
00	Сухое семя	
01	Набухшее семя	
02	Появление зародышевого корешка	
03	Появление всходов	
1. Вегетативная стадия		
<p>Дается описание только главного побега. Первыми появляются на побеге семядольные листья и узел их прикрепления, которые не регистрируются. Кодируются только узлы, из которых развиваются настоящие листья</p>		
11	Первый узел	Первый лист полностью развернут. Лист округлый, цельнокрайный, однопластинковый
12	Второй узел	Лист двойчатосложный, полностью развернут. Однако могут встречаться однопластинковые листья, которые находятся у второго и третьего узлов прикрепления
13	Третий узел	Третий лист тройчатосложный
N	N-й последний регистрируемый узел и лист при нем	Обычно 15–16 узлов на главном побеге с полностью развернутыми листьями. Листья непарноперистые, с 9 или 11 листочками. При узлах имеются прилистники
2. Стадия ветвления		
21	Появился первый побег	Побег ветвления появляется из пазушной почки первого однопластинкового округлого листа
22	Появился второй побег	Побег ветвления появляется из пазушной почки при втором узле
23	Появился третий побег	Третий побег ветвления появляется из пазушной почки при третьем узле
25	Появился пятый побег	На этой стадии формируется в основном до пяти побегов ветвления

3. Стадия кущения		
31	Появился первый побег кущения	Все побеги кущения на 1-м году жизни закладываются из почек семядольного узла. Количество побегов в 1-й год жизни варьирует от одного до пяти. На них под зиму закладывается до пяти почек возобновления. В это время от шейки главного побега прорастает от 2 до 18 корневищ. Длина корневищ достигает в основном не более 25 см. Корневища растут горизонтально поверхности почвы. В таком состоянии галега восточная уходит в зиму. На следующий год из почек на корневищах образуются побеги возобновления
32	Появился второй побег кущения	
33	Появился третий побег кущения	
2-Й И ПОСЛЕДУЮЩИЕ ГОДЫ ЖИЗНИ		
4. Репродуктивная стадия		
41	Закрытые почки	Закрытые мелкие цветочные почки на побеге
42	Видимые почки	Цветочные почки становятся видимыми
43	Первый раскрывшийся цветок.	
44	Стручковая завязь	Небольшой незрелый боб
45	Боб набухает	Бобы набухшие, но семена в них еще не зрелые, мелкие
46	Боб налит	
47	Зеленый боб	Плоды наполнены зелеными семенами
48	Желтый боб	Плоды наполнены желтыми семенами
49	Сухие семена	Бобы высохшие, темно-коричневого цвета, семена сухие и твердые

Таким образом, нами отмечена поливариантность роста и развития галеги восточной по морфологическим признакам на начальном этапе онтогенеза. Выявлены различия по количеству первых однопластинковых листьев на побеге, что позволило выделить четыре морфотипа. На основе полученных результатов составлена шкала роста и развития галеги восточной.

ГЛАВА 4 ПОЛИВАРИАНТНОСТЬ ОНТОГЕНЕЗА ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ

4.1 ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ ПО ФЕНОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ

Известно, что ритмологическая поливариантность, которая проявляется в сдвигах фенологических состояний у особей в одной популяции, определяет у них разновременность развития листовой поверхности и наступления фазы цветения и служит стабилизирующим фактором для сохранения популяции при неблагоприятных экологических воздействиях [30; 65].

При отборе лучших образцов для селекции необходимо вести оценку по определенным фенологическим характеристикам: начало вегетации, цветение, окончание вегетации. Наличие в хозяйстве сортов разных сроков созревания приводит к рациональному использованию трудовых ресурсов и уменьшает напряжение при уборке урожая [145].

В 1-й год жизни для галеги восточной характерны следующие фазы развития: всходы, стебление, ветвление, кущение, окончание вегетации [84; 87]. На 2-й, 3-й и последующие годы жизни – фазы весеннего отрастания, стебление, бутонизация, цветение, плодоношение.

Полученные нами экспериментальные данные свидетельствуют о наличии изменчивости среди растений галеги восточной по срокам весеннего отрастания, цветения и плодоношения. Как известно, фенологические формы в виде групп особей, объединенных генетически обусловленными близкими сроками начала и окончания фенологических фаз, получили название хронотипы [6; 103; 143].

В каждом образце галеги восточной по срокам весеннего отрастания, цветения, плодоношения были выделены следующие хронотипы: очень ранние (ОР), ранние (Р), средние (С), поздние (П), очень поздние (ОП) [85]. Процентный состав хронотипов у образцов по срокам начала и окончания весеннего отрастания, начала и окончания цветения, начала и окончания созревания в каждом образце различен (таблицы 4.1–4.3). Из таблиц видно, что наименее представлены в образцах крайние (ОР и ОП) хронотипы. Например, очень ранние хронотипы растений по срокам начала весеннего отрастания составили от 8,0 до 10,0%, по срокам окончания весеннего отрастания – от 8,0 до 9,0%. По срокам начала и окончания цветения от 7,0 до 10,0%. По срокам начала созревания семян их доля была от 8,0 до 10,0%, а по срокам окончания созревания семян от 8,0 до 10,0%. Более половины растений приходится на хронотипы со средним значением фенологического признака. Так, доля средних хронотипов растений по срокам начала весеннего отрастания составила от 41,7 до 71,0%, а по срокам окончания весеннего отрастания – от 40,8 до 70,0%.

Таблица 4.1 – Соотношение хронотипов у образцов галеги восточной по срокам начала и окончания весеннего отрастания растений, %

Образец	Хронотип				
	ОР	Р	С	П	ОП
Образец 1	<u>10,0</u>	<u>10,0</u>	<u>64,0</u>	<u>10,0</u>	<u>6,0</u>
	9,0	9,0	66,0	9,0	7,0
Образец 2	<u>10,0</u>	<u>12,0</u>	<u>58,0</u>	<u>11,0</u>	<u>9,0</u>
	10,0	13,0	57,0	11,0	9,0
Образец 3	–	<u>10,8</u>	<u>49,2</u>	<u>3,0</u>	–
		10,8	49,2	3,0	
Образец 4	–	–	<u>41,7</u>	<u>6,3</u>	–
			40,8	7,2	
Образец 5	–	<u>8,3</u>	<u>61,4</u>	<u>8,3</u>	–
		8,3	61,4	8,3	
Сорт Гале	<u>8,0</u>	<u>9,0</u>	<u>71,0</u>	<u>7,0</u>	<u>5,0</u>
	8,0	9,0	70,0	8,0	5,0

Примечание. В числителе – доля хронотипов по срокам начала весеннего отрастания, в знаменателе – доля хронотипов по срокам окончания весеннего отрастания.

Таблица 4.2 – Соотношение хронотипов у образцов галеги восточной по срокам начала и окончания цветения растений, %

Образец	Хронотип				
	ОР	Р	С	П	ОП
Образец 1	<u>10,0</u>	<u>11,0</u>	<u>63,0</u>	<u>10,0</u>	<u>6,0</u>
	9,0	10,0	65,0	9,0	7,0
Образец 2	<u>9,0</u>	<u>13,0</u>	<u>58,0</u>	<u>10,0</u>	<u>10,0</u>
	9,0	12,0	59,0	10,0	10,0
Образец 3	–	<u>10,8</u>	<u>49,2</u>	<u>3,0</u>	–
		10,8	49,2	3,0	
Образец 4	–	–	<u>41,7</u>	<u>6,3</u>	–
			40,8	7,2	
Образец 5	–	<u>8,3</u>	<u>61,4</u>	<u>8,3</u>	–
		8,3	61,4	8,3	
Сорт Гале	<u>8,0</u>	<u>10,0</u>	<u>69,0</u>	<u>8,0</u>	<u>5,0</u>
	7,0	11,0	69,0	8,0	5,0

Примечание. В числителе – доля хронотипов по срокам начала цветения, в знаменателе – доля хронотипов по срокам окончания цветения.

Таблица 4.3 – Соотношение хронотипов у образцов галеги восточной по срокам начала и окончания плодоношения у растений, %

Образец	Хронотип				
	ОР	Р	С	П	ОП
Образец 1	<u>9,0</u>	<u>11,0</u>	<u>64,0</u>	<u>9,0</u>	<u>7,0</u>
	9,0	11,0	64,0	10,0	7,0
Образец 2	<u>10,0</u>	<u>14,0</u>	<u>56,0</u>	<u>11,0</u>	<u>9,0</u>
	9,0	15,0	55,0	12,0	9,0
Образец 3	–	<u>10,8</u>	<u>49,2</u>	<u>3,0</u>	–
		10,8	49,2	3,0	
Образец 4	–	–	<u>41,7</u>	<u>6,3</u>	–
			40,8	7,2	
Образец 5	–	<u>8,3</u>	<u>61,4</u>	<u>8,3</u>	–
		8,3	61,4	8,3	
Сорт Гале	<u>8,0</u>	<u>10,0</u>	<u>69,0</u>	<u>8,0</u>	<u>5,0</u>
	8,0	11,0	68,0	8,0	5,0

Примечание. В числителе – доля хронотипов по срокам начала плодоношения, в знаменателе – доля хронотипов по срокам окончания плодоношения.

По срокам начала цветения от 41,7 до 69,0% и окончания цветения от 40,8 до 69,0%. По срокам начала созревания семян они составили от 41,7 до 69,0%, а окончания созревания семян от 40,8 до 68,0%. Сроки весеннего отрастания, цветения, созревания семян не совсем идентичны между собой, что в значительной мере повышает популяционную гетерогенность. Очень ранние по началу весеннего отрастания хронотипы галеги восточной могут зацвести очень рано, рано и в средние сроки; средние, соответственно, – рано, в средние, поздние и очень поздние сроки. Разница в наступлении фенофаз у хронотипов, в свою очередь, составляет от 3 до 15 и больше дней. Например, появление первых бутонов наблюдается в промежутке от 3 до 14 дней. Нами отмечено, что поздние, очень поздние и некоторые средние хронотипы менее зимостойкие [85].

У сорта Гале характер распределения растений по хронотипам более равномерный, чем у всех изучаемых образцов. Процентный состав хронотипов по всем фазам развития практически одинаков, что говорит о меньшей внутривидовой изменчивости сортовой популяции, в отличие от исследуемых образцов.

Полученные данные позволили установить, что в каждом образце выделены хронотипы: очень ранние, ранние, средние, поздние и очень поздние. Наименее распространенными у всех образцов являются крайние хронотипы – очень ранние и очень поздние. Более половины растений приходится на хронотипы со средним значением фенологического признака. Следует отметить, что сроки весеннего отрастания, цветения, созревания семян не совсем идентичны между собой, что в значительной мере повы-

шает популяционную гетерогенность. Для прохождения очередной фазы развития каждый хронотип требует определенных сумм активных и эффективных температур.

Таким образом, изучение внутривидовой изменчивости галеги восточной по фенологическим признакам позволило выявить хронотипы по срокам весеннего отрастания, цветения, плодоношения, которые могут быть исходным материалом для селекции [79].

4.2 МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОРФОТИПОВ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ

Известно, что при оценке исходного селекционного материала важное значение имеют морфофизиологические параметры габитуса растений [70; 71; 81–83; 84]. Для анализа морфологического разнообразия проводили кластерный анализ растений галеги восточной из выборок всех образцов по значениям 25 морфофизиологических параметров по трем годам исследований с использованием компьютерной программы ESPSS. В основу выделения кластеров были положены показатели, характеризующие продуктивность: масса побега, количество семян на побеге, масса семян с 1-го побега. В процессе анализа выделены четыре кластера, которые рассматриваются в дальнейшем как четыре группы морфотипов галеги восточной. В ходе анализа установлено, что с показателями продуктивности наиболее четко коррелировала высота растений, соответственно, $r = 0,84$, $r = 0,85$, $r = 0,89$, поэтому выделенные морфотипы названы: высокорослый, среднерослый, низкорослый, низкорослый незимостойкий. Следует отметить, что растения низкорослого морфотипа оказались незимостойкими. Они вымерзли в первую зиму, поэтому на 2-м и 3-м году жизни изучали только три первые группы морфотипов [82; 83].

Как известно, продукционный процесс растений – это совокупность отдельных взаимосвязанных процессов, из которых фундаментальными являются рост, развитие, фотосинтез и дыхание, в ходе которых происходит формирование урожая [77; 86; 132]. Поэтому нами проведена оценка растений из каждой группы морфотипов по ряду морфофизиологических признаков, определяющих продуктивность растений.

4.2.1 ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ МОРФОТИПОВ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ

В исследованиях по анализу продукционного процесса растений в первую очередь применяют такой показатель, как интенсивность роста растений. Как известно, рост – это необратимое увеличение размеров и массы тела, связанное с новообразованием элементов структуры орга-

низма [64; 132]. Нами была поставлена задача: охарактеризовать динамику, скорость роста у вышеуказанных морфотипов.

Появление массовых всходов в наших опытах отмечено практически у всех образцов на 18-й день после посева. Первые клубеньки образовались через 15 дней после массовых всходов. В начале периода вегетации темпы роста растений всех морфотипов невысокие. В целом растения галеги восточной 1-го года жизни отличаются медленным ростом. Из рисунка 4.1 видно, что высота растений на фазе ветвления составила от 5,2 см у низкорослого незимостойкого до 6,6 см у высокорослого морфотипа. Однако скорость роста в фазу ветвления по сравнению с фазой всходов увеличилась почти в 1,5 раза – от 0,14 см/сутки (фаза всходов) до 0,2 см/сутки (фаза ветвления). При переходе к фазе кущения скорость роста возросла до 0,3 см/сутки у низкорослых морфотипов и 0,6 см/сутки у высокорослого морфотипа. Следует отметить, что именно с фазы кущения начинается активный рост надземной массы. В это время высота растений варьировала от 6,5 у низкорослого морфотипа до 7,7 у высокорослого морфотипа. В это же время отмечены и самые большие приросты, которые составили от 1,0 см/сутки у низкорослого незимостойкого до 1,6 см/сутки у высокорослого морфотипа. В середине сентября скорость роста снижается до 0,1 см/сутки практически у всех морфотипов. Следует отметить, что главный побег отставал по темпам роста от побегов, появившихся из почек возобновления, поэтому к концу периода вегетации их длина существенно отличалась от длины главного побега. К концу сентября рост растений прекращается. Начало весеннего отрастания растений во второй год исследования отмечено в конце второй декады апреля. На этой фазе наблюдается незначительная скорость роста – от 0,13 у низкорослого морфотипа до 0,2 см/сутки у высокорослого.

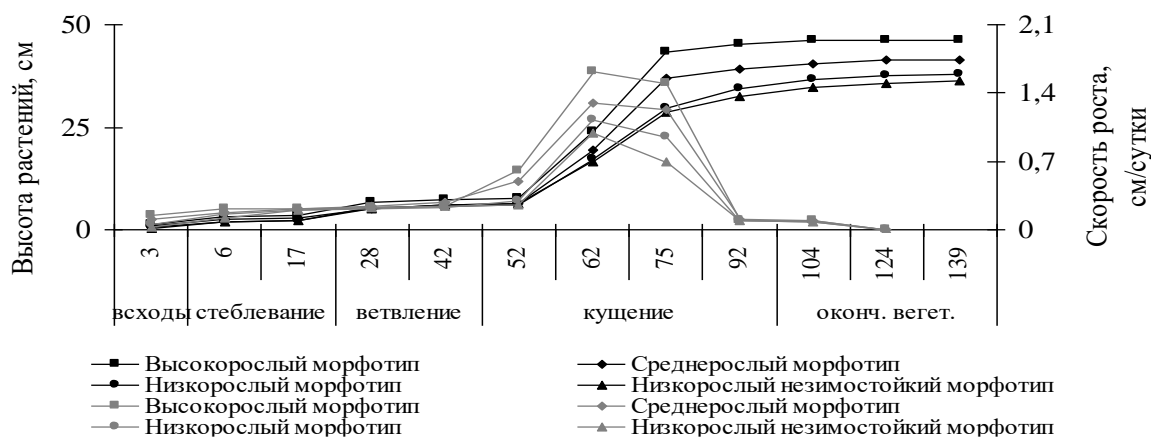


Рисунок 4.1 – Динамика и скорость роста морфотипов галеги восточной в 1-й год жизни

Примечание. Черным цветом показана высота растений (см), серым цветом – скорость роста (см/сутки).

С фазы стеблевания начинается более заметный рост растений. Высота побегов составила от 12,0 у низкорослого морфотипа до 14,0 см у высокорослого морфотипа. Скорость роста в этой фазе колебалась от 0,8 у низкорослого морфотипа до 0,9 см/сутки у высокорослого морфотипа. Максимальные приросты наблюдались у растений в фазу бутонизации и составили от 2,0 у низкорослого до 2,5 см/сутки у высокорослого морфотипа (рисунок 4.2). Интенсивный рост растений продолжается до середины фазы цветения. Максимальных же значений высота растений достигает к середине фазы созревания. С середины фазы созревания рост растений в высоту прекращается.

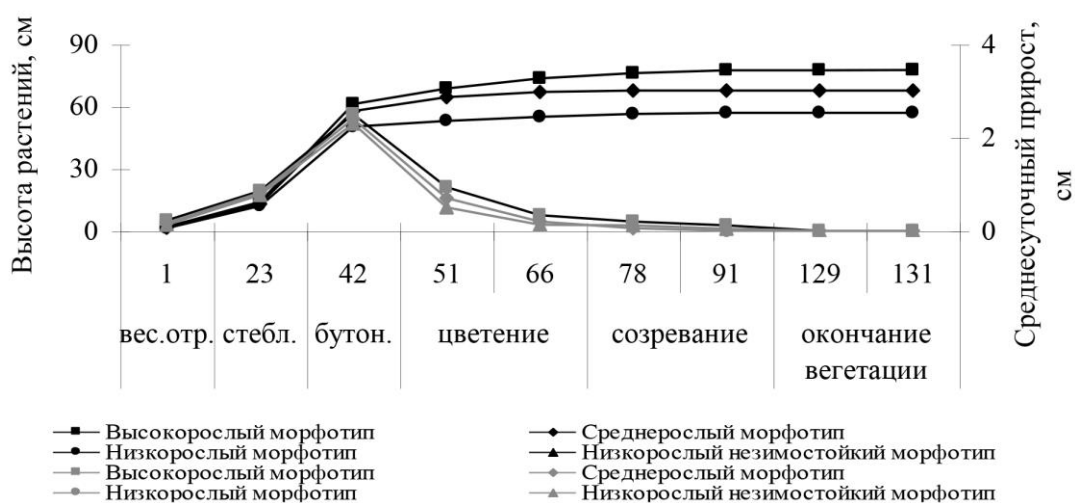


Рисунок 4.2 – Динамика и скорость роста морфотипов галеги восточной во 2-й год жизни

Примечание. Черным цветом показана высота растений (см), серым цветом – скорость роста (см/сутки).

В 3-й год жизни растений в связи с холодной весной отрастание галеги восточной началось в середине первой декады мая. Фаза стеблевания отмечена на 11 дней позже предыдущего года исследований. В связи с более влажной весной по сравнению с предыдущим годом высота побегов была выше и составила от 22,0 у низкорослого до 37,2 см у высокорослого морфотипа (рисунок 4.3), скорость роста изменялась от 1,3 у низкорослого до 2,2 см/сутки у высокорослого морфотипа. В фазу бутонизации высота растений колебалась от 60,0 см у низкорослого до 86,5 см у высокорослого морфотипа. Как и во 2-й год исследований, в данной фазе отмечена максимальная скорость роста. В 3-й год исследования она составила 3 у низкорослого и 3,5 см/сутки у высокорослого морфотипов, что значительно выше значений 2-го года исследований.

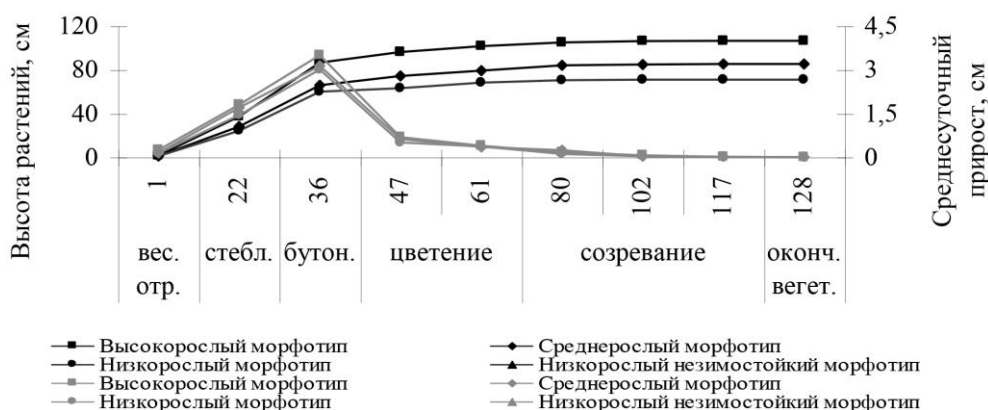


Рисунок 4.3 – Динамика и скорость роста морфотипов галеги восточной 3-го года жизни

Примечание. Черным цветом показана высота растений (см), серым цветом – скорость роста (см/сутки).

Интенсивный рост побегов наблюдался с фазы стеблевания и продолжался до середины фазы цветения. В фазу цветения высота растений составила от 63,1 см у низкорослого до 96,1 у высокорослого морфотипов, а скорость роста растений снижалась до 0,5–0,7 см/сутки. Максимальная высота растений у всех морфотипов отмечена в середине фазы созревания. Она изменялась от 70,8 см у низкорослого до 106,4 см у высокорослого морфотипов. Следует отметить, что все фазы вегетации в 3-й год жизни растений наступали практически на две недели позднее, чем во 2-й год жизни.

Таким образом, максимальная скорость роста, приростов у растений морфотипов первого года жизни наблюдалась в фазе кущения, а в последующие годы – в фазе бутонизации.

4.2.2 ОСОБЕННОСТИ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА МОРФОТИПОВ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ

Для оценки продукционного процесса растений галеги применяли ряд показателей: количество вегетативных побегов, диаметр побега у основания 1-го узла, облиственность, сырая биомасса растений, площадь листьев и другие [34; 77; 82].

Исследования показали, что в 1-й год жизни растения всех морфотипов формируют побеги ветвления и кущения (фазы ветвления и кущения), а также подземные побеги – корневища.

Фаза ветвления. Количество побегов ветвления у морфотипов следующее: у высокорослого – $2,4 \pm 0,2$, среднерослого – $2,0 \pm 0,3$, низкорослого –

1,6±0,2, низкорослого незимостойкого – 1,7±0,3 штук. По данному показателю нет статистически достоверных различий между морфотипами.

При сравнении образцов по количеству побегов ветвления установлено, что наибольшее количество побегов образуют растения образцов 2, 3, соответственно, 4,0 и 3,0 шт. У сорта Гале и образца 5 количество побегов ветвления одинаковое и составило в среднем 2 шт.

Фаза кущения. У высокорослого морфотипа насчитывалось – 1,5±0,1 штук побегов кущения, среднерослого – 1,4±0,2, низкорослого – 1,2±0,2, низкорослого незимостойкого – 1,0±0,2 штук.

При изучении количества побегов кущения у образцов галеги восточной показано, что наибольшее количество их отмечено у растений 2-го образца, что составило 3 шт.

Корневища, которые закладываются в первый год жизни, имеют важное значение для развития многолетней сельскохозяйственной культуры галеги восточной. Их количество определяет число репродуктивных побегов во второй и последующие годы жизни растения [гл. 3]. Как видно из рисунка 4.4, наибольшее количество корневищ характерно для высокорослого (9,0), и среднерослого (8,0 штук) морфотипов.

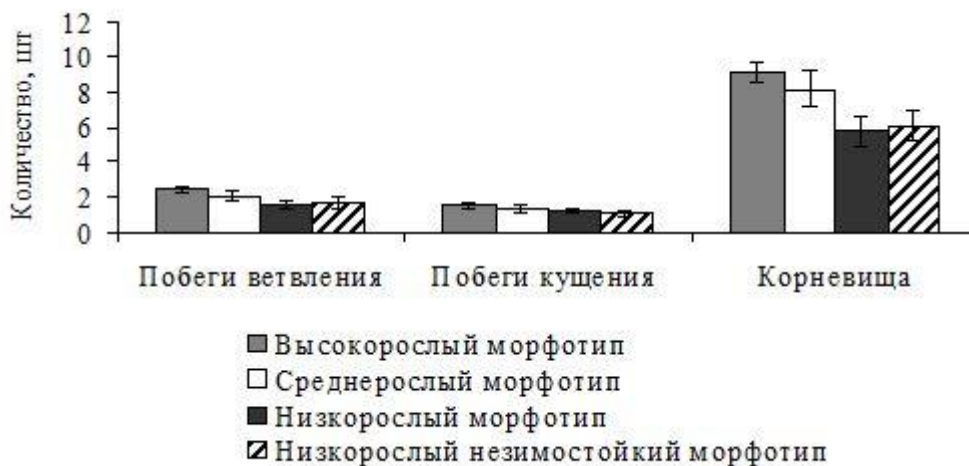


Рисунок 4.4 – Морфоструктура растений по количеству побегов ветвления, кущения, корневищ у морфотипов галеги восточной в 1-й год жизни

При сравнении морфотипов по высоте побега выявлены статистически достоверные различия у некоторых морфотипов. Нет достоверных различий по данному признаку между низкорослыми морфотипами в 1-й год жизни. Так, высота побега у высокорослого морфотипа первого года жизни составила 56,3 см, у низкорослого незимостойкого морфотипа – 36,2 см. На 2-й год жизни высота побегов морфотипов галеги восточной варьировала от 57,0 см (низкорослый морфотип) до 77,6 см (высокорослый морфотип), а в 3-й год – от 70,8 см (низкорослый морфотип) до 106,4 см (высокорослый морфотип) (рисунок 4.5).

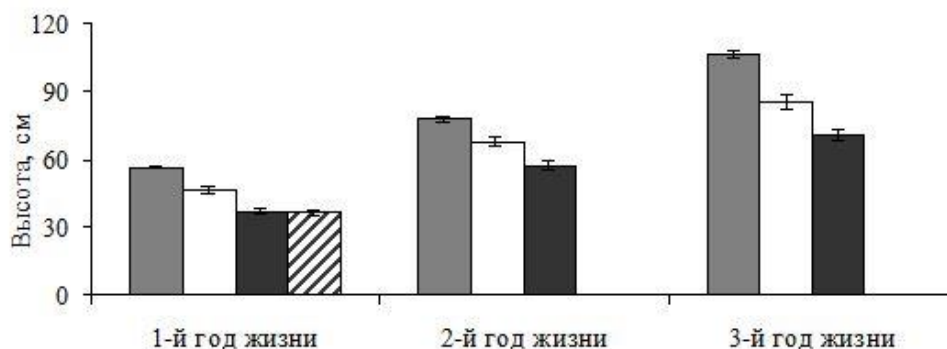


Рисунок 4.5 – Высота растений морфотипов галеги восточной

Диаметр 1-го междоузлия имеет важное значение для характеристики растений галеги, т.к. от данного параметра зависит устойчивость на излом и изгиб, а также устойчивость к полеганию.

В 1-й год жизни главный побег у растений прямостоячий, полый, трубчатый, с неглубокими плоскими бороздками, во 2-й, 3-й годы – все побеги также полые, трубчатые, но без бороздок. Диаметр побега у основания 1-го узла в 1-й год жизни значительно меньше, чем у растений 2-го и 3-го годов жизни (рисунок 4.6). Так, диаметр побега в первый год жизни изменялся от $2,9 \pm 0,1$ у высокорослого морфотипа до $2,6 \pm 0,1$ мм у низкорослого морфотипа. Различия статистически не достоверны по данному признаку между высокорослым и среднерослым морфотипами, а также между низкорослыми. На 2-м году жизни диаметр побега сильно увеличивается и составил $6,2 \pm 0,1$ у высокорослого морфотипа и $5,6 \pm 0,2$ мм у низкорослого морфотипа. На 3-м году жизни растений увеличение диаметра побега было незначительным по сравнению со 2-м годом жизни. По двум последним годам исследований различия по диаметру побега между высокорослым и низкорослым, среднерослым и низкорослым морфотипами статистически достоверны.

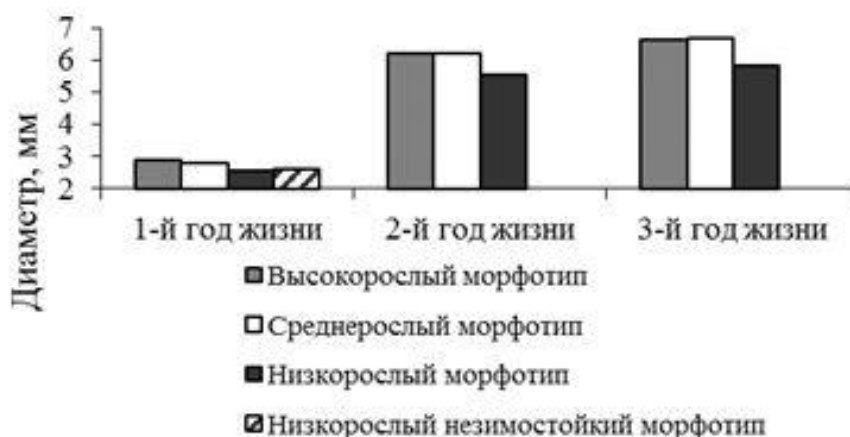


Рисунок 4.6 – Диаметр побега у основания 1-го узла морфотипов галеги восточной

Сырая биомасса растений – важный показатель для кормового растения. Результаты кластерного анализа показали, что высокорослый и среднерослый морфотипы отличаются самыми высокими значениями сырой биомассы побегов (рисунок 4.7). Сырая биомасса низкорослого морфотипа составила $13,6 \pm 0,6$ грамм. Различия по массе побегов между низкорослыми морфотипами статистически недостоверны. Нет статистически достоверных различий между среднерослым и высокорослым морфотипами по результатам исследований 2-го и 3-го года жизни, где биомасса побегов морфотипов составила, соответственно, $18,2 \pm 1,4$ и $19,8 \pm 0,7$, $22,1 \pm 1,9$ и $24,0 \pm 0,9$ грамм. Статистически достоверно отличался по биомассе побегов низкорослый морфотип от всех остальных морфотипов. Его сырая биомасса во 2-й и 3-й годы жизни составила $14,7 \pm 0,7$ и $16,5 \pm 0,8$ г.

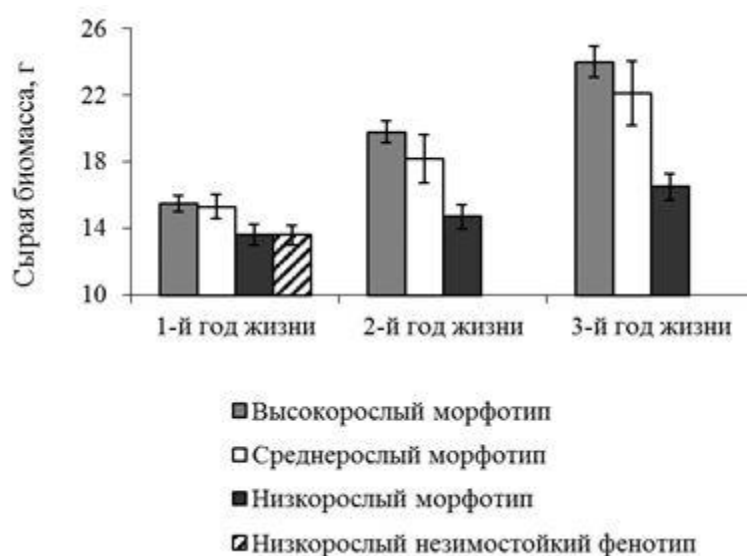


Рисунок 4.7 – Сырая биомасса побегов морфотипов галеги восточной

Как показывает анализ полученного экспериментального материала по данному показателю, среднерослый и высокорослый морфотипы можно рекомендовать в качестве исходного материала для селекции [81].

При сравнении биомассы у образцов показано, что наибольшая биомасса характерна для растений сорта Гале и образца 2.

Облиственность – важная характеристика фотосинтетического аппарата и питательной ценности растений. В 1-й год жизни число листьев на побеге галеги восточной составило: у высокорослого морфотипа – $5,4 \pm 0,1$, среднерослого – $5,3 \pm 0,4$, низкорослого – $3,7 \pm 0,6$, низкорослого незимостойкого – $3,6 \pm 0,5$ штук (рисунок 4.8). В 1-й год исследований статистически достоверно отличаются низкорослые морфотипы от высокорослых и среднерослых морфотипов. Во 2-й год жизни растений значения облиственности у высокорослого морфотипа составили $9,7 \pm 0,3$, среднерослого – $9,2 \pm 0,4$, низкорослого – $8,1 \pm 0,2$ штук. Статистически достоверными были

различия между всеми морфотипами. Результаты исследований 3-го года жизни подтвердили наличие статистически достоверных различий между морфотипами.

Найдена положительная корреляция между высотой растений и количеством узлов ($r=0,68$), количеством листьев и побегов ветвления ($r=0,65$), количеством листьев и корневищ ($r=0,63$).

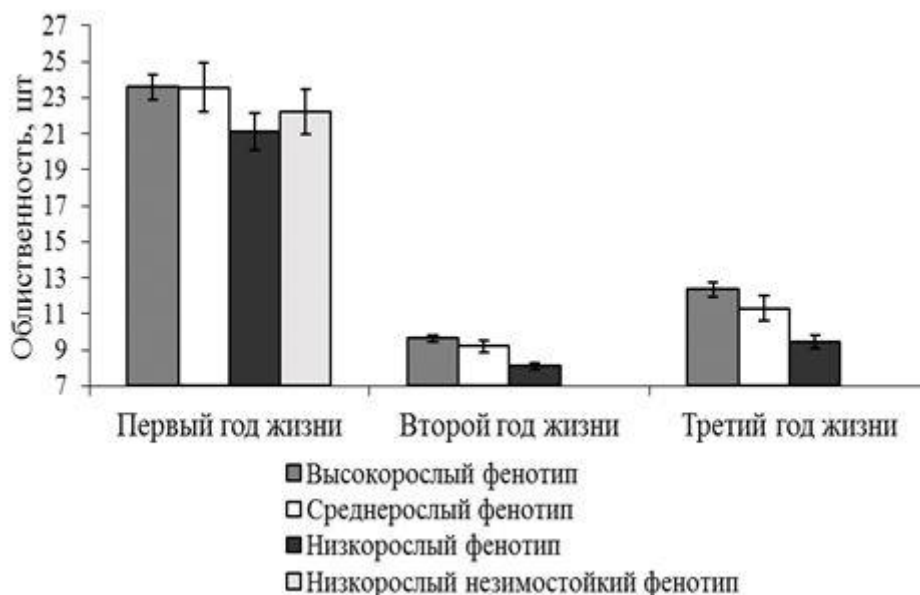


Рисунок 4.8 – Облиственность побегов морфотипов образцов галеги восточной

Таким образом, при оценке продукционного процесса у морфотипов установлено, что высокорослый морфотип характеризуется наибольшим количеством побегов ветвления, кущения, корневищ и высокими показателями диаметра побега, высоты, сырой биомассы, облиственности. У низкорослого морфотипа данные показатели были наименьшими. Среднерослый занимал промежуточное положение между высокорослым и низкорослым морфотипами. Поэтому высокорослый и среднерослый морфотипы по показателям продуктивности можно отнести к перспективным в селекции на высокую биологическую продуктивность.

4.2.3 ПЛОЩАДЬ ЛИСТЬЕВ У МОРФОТИПОВ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ

Фотосинтетическая деятельность растений – сложное явление, включающее ряд важных показателей, например, величина площади листьев и динамика ее формирования. Размеры ассимиляционной поверхности любой культуры существенно влияют на урожай, так как листья являются основными органами фотосинтеза [77; 94].

В 1-й год жизни растения галеги восточной не достигают полного развития и заканчивают вегетацию на фазе кущения, а это, естественно, приводит к уменьшению общей ассимилирующей поверхности растения и, как следствие, – к более низкой чистой продуктивности фотосинтеза [91; 94; 100].

Исследовали разнообразие по площади листьев у морфотипов галеги восточной всех образцов и сорта Гале. На 1-м году жизни растений учеты проводили на фазе кущения. Установлено, что площадь листьев у морфотипов сорта Гале составила $5,6 \pm 0,3$ – у низкорослого, $6,9 \pm 0,5$ – у среднерослого, $7,5 \pm 0,4$ дм² – у высокорослого морфотипа. Низкорослый морфотип статистически отличается по этому показателю от остальных (рисунок 4.9). У морфотипов образца 1 площадь листьев варьировала от $6,2 \pm 0,5$ до $7,2 \pm 0,4$ дм², однако статистически достоверных различий между ними не обнаружено. У морфотипов образца 2 площадь листьев варьировала от $6,0 \pm 0,5$ до $7,5 \pm 0,6$ дм², при этом статистически отличаются между собой высокорослый и низкорослый, среднерослый и низкорослый морфотипы. У образца 3 самая большая площадь листьев была у высокорослого морфотипа и составила $6,8 \pm 0,3$ дм².

Следует отметить, что низкорослые незимостойкие морфотипы у всех образцов галеги восточной по площади листьев близки к высокорослым и среднерослым морфотипам, однако эти морфотипы оказались менее устойчивыми к климатическим условиям Беларуси.

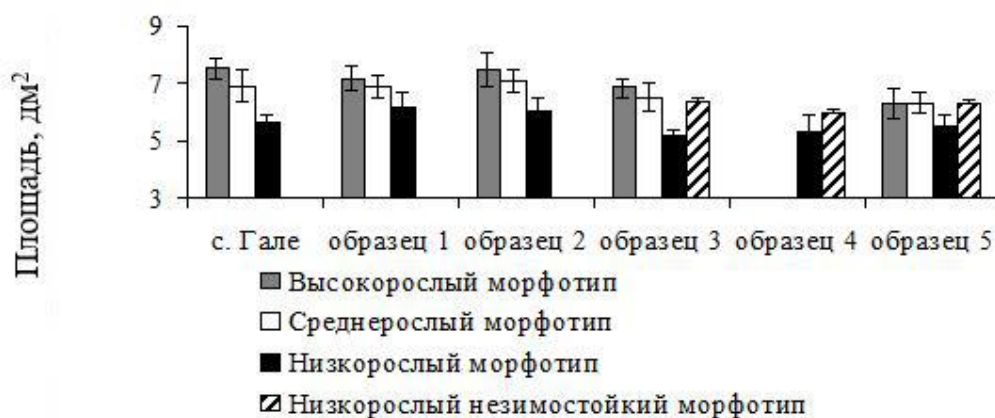


Рисунок 4.9 – Площадь листьев морфотипов галеги восточной 1-го года жизни (дм²)

На 2-м и 3-м годах жизни растений процесс весеннего возобновления вегетации зависит от погодных условий. Быстрое нарастание ассимиляционной поверхности совпадает с генеративным развитием галеги восточной. Исследования многих авторов показали, что резкое возрастание общей площади листьев наблюдается с фазы стеблевания. В период стеблевания–начало бутонизации возрастает общая площадь листьев несколько медленнее, а в фазу бутонизации–полного цветения этот процесс существенно

ускоряется [91]. В фазу созревания семян, когда начинается отмирание листьев, ассимиляционная поверхность растения снижается. Так, усредненные значения площади листьев за два года исследования у морфотипов сорта Гале составили от $14,2 \pm 1,7$ у низкорослого до $16,1 \pm 1,0$ дм^2 у высокорослого. Как видно из рисунка 4.10, нет статистически достоверных различий между всеми морфотипами. Площадь листьев у морфотипов образца 2 также изменяется незначительно: от $13,0 \pm 0,5$ дм^2 у низкорослого до $15,9 \pm 0,7$ дм^2 у высокорослого морфотипа, однако высокорослый морфотип по этому показателю статистически достоверно отличается от низкорослого морфотипа.

У образца 3 высокорослый и среднерослый морфотипы статистически отличаются от низкорослого морфотипа. У образца 4 исследовали площадь листьев только у низкорослого морфотипа, которая составила $9,6 \pm 0,7$ дм^2 (рисунок 4.10).

Следует отметить, что показатели площади листьев растений галеги восточной второго и третьего годов исследований значительно превосходили площадь листьев растений первого года жизни. Площади листьев высокорослых и среднерослых морфотипов существенно не различались во все годы исследований, что позволяет рекомендовать их в качестве исходного материала для селекции.

При сравнении образцов между собой наибольшая площадь листьев характерна для растений сорта Гале и образцов 1, 2, наименьшая – для растений низкорослого морфотипа.

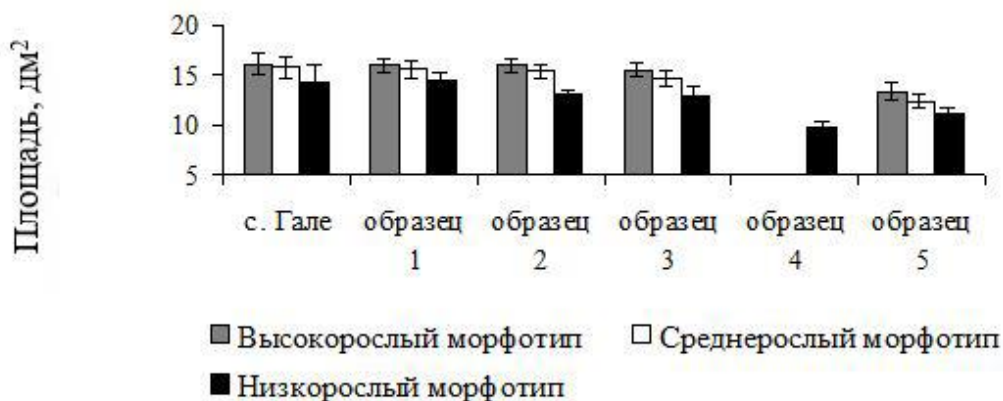


Рисунок 4.10 – Площадь листьев морфотипов галеги восточной во 2-й и 3-й годы исследований (дм^2)

Таким образом, изложенный выше экспериментальный материал позволяет сделать вывод, что максимальная скорость роста, прирост растений первого года жизни наблюдались на фазе кущения, а в последующие годы – в фазу бутонизации. Высокорослый морфотип характеризуется наибольшим количеством побегов ветвления, кущения, корневищ, и высокими показателями диаметра побега, облиственностью, высоты, сырой биомассы, площади

листьев и т.д. У низкорослого морфотипа данные показатели были наименьшими. Среднерослый – занимал промежуточное положение между высокорослым и низкорослым морфотипами. Поэтому высокорослый и среднерослый морфотипы по показателям продуктивности можно отнести к перспективным в селекции на высокую биологическую продуктивность.

4.3 ХАРАКТЕРИСТИКА МОРФОТИПОВ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ ПО НАЛИЧИЮ АНТОЦИАНОВОЙ ОКРАСКИ

На протяжении всего периода исследований при анализе растительного материала наблюдали наличие антоциановой окраски у растений на отдельных участках стебля, на нижней стороне листьев и на черешках. Оценка растений по наличию антоциановой окраски проводили по четырехбалльной шкале (таблица 4.4).

Следует отметить, что в каждом исследуемом образце преобладает доля не окрашенных растений (НР). Так, их количество составило у сорта Гале – 90%, у образцов 1 и 2 – 85%, у образцов 3, 4 и 5 – 79,4%, 77%, 80,9% соответственно (таблица 4.4). Количество СОР существенно меньше, чем НР. Так, количество СОР в образцах составило от 6% (сорт Гале) до 12,5% (образец 4). Количество ОР изменялось от 2% (сорт Гале) до 6,3% (образцы 3, 4). Самое наименьшее количество в образцах было ООР, их доля варьировала от 2% (сорт Гале и образец 2) до 5,1% (образец 5) (таблица 4.5).

Таблица 4.4 – Шкала характеристики растений галеги восточной по наличию антоциановой окраски

Кол-во баллов	Площадь окрашенных растений, %
1	Не окрашенные растения (НР) – антоциановая окраска отсутствует – рис. 4.11а
2	Слабо окрашенные растения (СОР) – интенсивность окраски не более 35% – рис. 4.11б
3	Окрашенные растения (ОР) – интенсивность окраски 60–70% – рис. 4.11в
4	Очень окрашенные растения (ООР) – интенсивность окраски около 90% – рис. 4.11г

Таким образом, внутривидовая изменчивость по наличию антоциановой окраски в наибольшей мере выражена у образцов 3–5. Нами было замечено также, что растения с антоциановой окраской имеют наименьшую семенную продуктивность, чем не окрашенные растения [87].

Таблица 4.5 – Внутривидовая изменчивость образцов галеги восточной по наличию антоциановой окраски у растений

Образец	Доля растений с антоциановой окраской, %			
	НР	СОР	ОР	ООР
Образец 1	85	7	5	3
Образец 2	85	8	5	2
Образец 3	79,4	9,5	6,3	4,8
Образец 4	77	12,5	6,3	4,2
Образец 5	80,9	8,9	5,1	5,1

При проведении кластерного анализа установлено, что в каждом морфотипе представлены растения с разным количеством баллов по наличию антоциановой окраски, однако процентное соотношение их различно (рисунк 4.11). В состав всех трех морфотипов входят не окрашенные растения. Их количество составило у высокорослого морфотипа – 88,3%, у среднерослого – 84,0%, у низкорослого – 76,9%.

Наибольшее количество ООР (6,2%) относится к низкорослому морфотипу, их содержание у высокорослого морфотипа составляет 2,1%, у среднерослого – 1,1%. ОР распределились следующим образом: высокорослый морфотип – 2,1%, среднерослый – 5,3%, низкорослый – 6,9%. СОР, соответственно, – 7,4%, 9,6% и 10,0%.

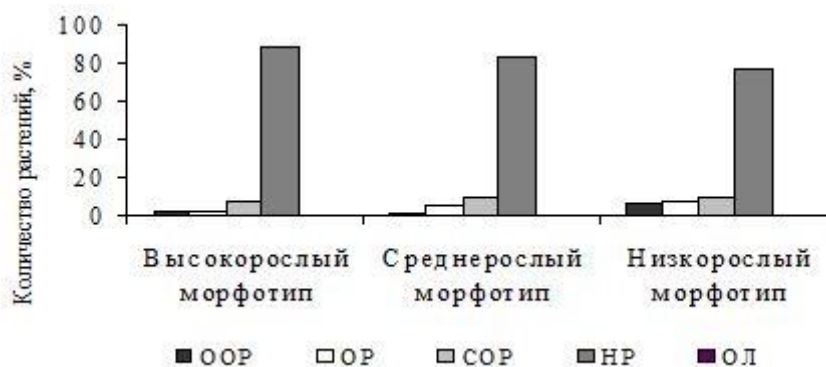


Рисунок 4.11 – Характеристика морфотипов галеги восточной по наличию антоциановой окраски, %

Таким образом, по составленной нами четырехбалльной шкале наличия антоциановой окраски выделены сильно окрашенные, окрашенные, слабо окрашенные и не окрашенные растения, при этом доля последних преобладает у всех образцов. Установлено, что наиболее гетерогенными по наличию антоциановой окраски являются растения образцов 3–5. Показано, что для растений с антоциановой окраской характерна наименьшая семенная продуктивность по сравнению с не окрашенными. В связи с этим интенсивность антоциановой окраски может служить критерием оценки исходного материала.

4.4 ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОБРАЗЦОВ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ ПО ФОРМЕ ЛИСТОЧКА В СЛОЖНОМ ЛИСТЕ

Выявленное разнообразие формы листочка в сложном листе по соотношению его длины к ширине согласно схеме форм листьев [12] разделили на три группы: широкояйцевидная форма (длина листочка равна его ширине или превышает ее незначительно), яйцевидная форма (длина превышает ширину в 1,5–2 раза) и узкояйцевидная – длина превышает ширину в 3–4 раза.

Согласно исследованиям, что у образцов 1, 2, 4, 5 присутствуют растения только с яйцевидной и узкояйцевидной формой листочков (таблица 4.6). Из таблицы видно, что в образцах, как правило, преобладают растения с яйцевидной формой листочка – 71% у сорта Гале, 86% – у образца 1, 97% – у образца 2, у образца 4 количество растений с яйцевидной и узкояйцевидной формой листочка одинаково и составило 50%. Только у образца 5 преобладают растения с узкояйцевидной формой листочка – 87,2%. Наименьшее количество растений отмечено с широкояйцевидной формой листочка. Оно варьировало от 1% у сорта Гале до 3,2% у образца 3. Показано также, что все три морфотипа по форме листочка в сложном листе галеги восточной характерны для сорта Гале и образца 3. Указанные образцы являются самыми гетерогенными по этому показателю.

Таблица 4.6 – Внутривидовая изменчивость образцов галеги восточной по форме листочка в сложном листе

Доля растений по форме листочка, %			
Образец	Широкояйцевидная	Яйцевидная	Узкояйцевидная
Сорт Гале	1,0	71,0	28,0
Образец 1	–	86,0	14,0
Образец 2	–	97,0	3,0
Образец 3	3,2	96,2	1,6
Образец 4	–	50,0	50,0
Образец 5	–	12,8	87,2

Следует отметить, что у образцов, которые ранее не произрастали на территории Беларуси, наблюдается значительное преобладание количества растений с яйцевидной формой листочка в сложном листе.

В результате исследований установлено, что описанные выше группы растений по форме листочка в сложном листе присущи для всех выделенных нами по высоте морфотипов галеги восточной, однако доля их различна (рисунок 4.12). Наибольшая встречаемость характерна для растений с яйцевидной формой листочка. Так, у высокорослых морфотипов их доля

составила 84,1%, несколько меньшая у низкорослых – 81,8% и среднерослых – 78,7%. Наименее распространенными во всех образцах являются растения с широкояйцевидной формой листочка, количество которых колебалось от 2,1% у среднерослого морфотипа до 1,2% у высокорослого. У высокорослого морфотипа растений с широкояйцевидной формой листочка не обнаружено. Промежуточное положение по распространенности у всех образцов занимают растения с узкояйцевидной формой листочка, количество которых у морфотипов составило: у среднерослого – 19,2%, у низкорослого – 16,4%, у высокорослого – 14,7%.

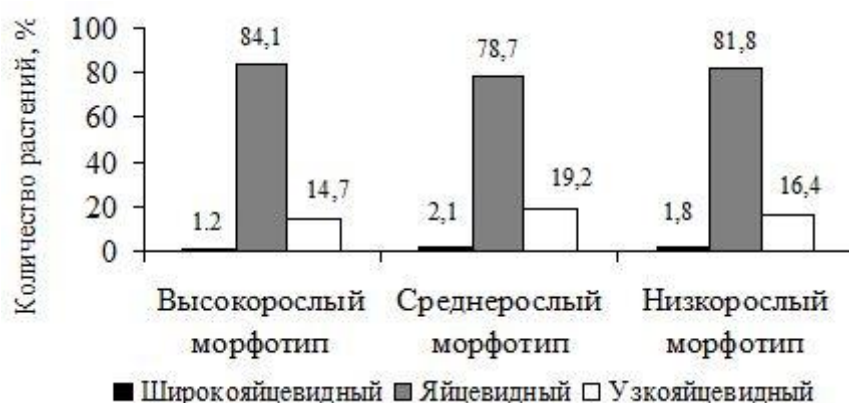


Рисунок 4.12 – Внутривидовая изменчивость морфотипов галеги восточной по форме листочка в сложном листе, %

Полученные данные свидетельствуют о большой внутривидовой изменчивости галеги восточной по форме листочка в сложном листе. Обнаружена положительная корреляция ($r = 0,78$) между яйцевидной формой листочка и облиственностью побега. Предполагается, что важную роль в селекции галеги восточной будут играть морфотипы с яйцевидной формой листочка. И этот очень простой морфологический признак может быть использован для первичного скрининга исходного материала.

4.5 ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ ПО СЕМЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

Изучение процессов семенного размножения и, конечно, семенной продуктивности важно как в теоретическом, так и практическом отношении. Особое значение эти исследования имеют для ботанического ресурсоведения. С семенным возобновлением связан ряд важных вопросов, имеющих решающее значение для работ по гибридизации, акклиматизации, интродукции и рациональному использованию представителей флоры семенных растений [13; 79; 83].

Изучение семенного размножения растений необходимо также для раскрытия закономерностей функционирования популяций. Количественные и качественные характеристики репродуктивной способности расте-

ний в конкретных экологических условиях являются основой для получения исходного селекционного материала.

С учетом вышеизложенного, представляется важным исследование внутривидовой изменчивости по семенной продуктивности галеги восточной, что позволяет не только оценить состояние популяций, но и вести направленный отбор наиболее ценных генотипов.

В процессе индивидуального развития растение последовательно проходит два основных этапа развития. Вегетативный, который обеспечивает оптимальный уровень развития вегетативной сферы растения, и генеративный, в течение которого образуются органы размножения и семена [98].

4.5.1 СЕМЯОБРАЗУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ МОРФОТИПОВ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ

Большой интерес представляет изучение потенциальных возможностей семенной продуктивности выделенных нами морфотипов галеги восточной. Как показывают наши данные, высокорослый морфотип, в отличие от среднерослого и низкорослого, характеризуется самой низкой потенциальной семенной продуктивностью (ПСП), а также реальной семенной продуктивностью (РСП). Так, ПСП и РСП во 2-й год исследований у высокорослого морфотипа составили $133,2 \pm 3,6$ и $104,3 \pm 4,9$ штук, в 3-й год жизни – $175,3 \pm 5,3$ и $148,3 \pm 3,5$ штук семян на побеге. Самая высокая семенная продуктивность отмечена у среднерослого морфотипа галеги восточной. Таким образом, во 2-й год исследования ПСП и РСП составили, соответственно, $230,6 \pm 10,3$ и $185,1 \pm 1,0$ штук семян, а в 3-й год исследования – $296,3 \pm 6,3$ и $269,3 \pm 13,8$. У низкорослого морфотипа ПСП и РСП были существенно ниже: во 2-й год исследований – $148,9 \pm 4,5$ и $135,6 \pm 8,2$ штук, в 3-й год исследований – $186,5 \pm 5,0$ и $176,3 \pm 9,5$ штук семян (рисунок 4.13).

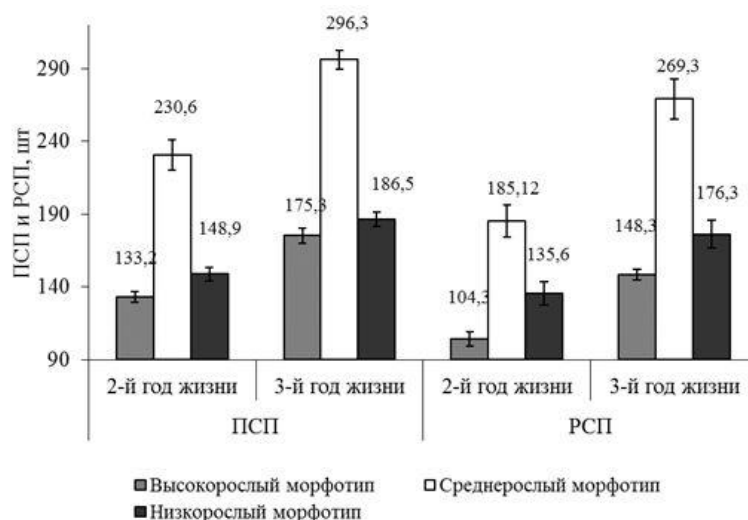


Рисунок 4.13 – Потенциальная и реальная семенная продуктивность морфотипов галеги восточной

Опадение бобов, абортивность семян – биологические процессы, сильно зависящие от условий среды. Новая среда, температурный и световой режимы, продолжительность вегетационного периода оказывают большое влияние на ход генеративного развития и заметно сказываются на процессах формирования семян у интродуцентов [128]. Поэтому в задачу наших исследований входило изучение семяобразующей способности у морфотипов галеги восточной. Анализ образцов по способности сохранять завязавшиеся семена выявил значительные различия по этому признаку. Процент семинификации (ПС) у высокорослого морфотипа самый низкий и составил во 2-й и 3-й годы жизни, соответственно, 78,3 и 84,6%. ПС у среднерослого морфотипа оказался больше, чем у высокорослого и составил в годы исследования, соответственно, 80,3 и 90,9 %. Наиболее высокий ПС наблюдался у низкорослого морфотипа и составил, соответственно, 91,1 и 94,5% (рисунок 4.14). Показано, что высокорослый морфотип имеет низкие значения ПСП, РСП и ПС, среднерослый морфотип имеет высокие ПСП и РСП, но средние значения ПС, в то же время низкорослый морфотип отличается средними ПСП и РСП, но высоким значением ПС [83].

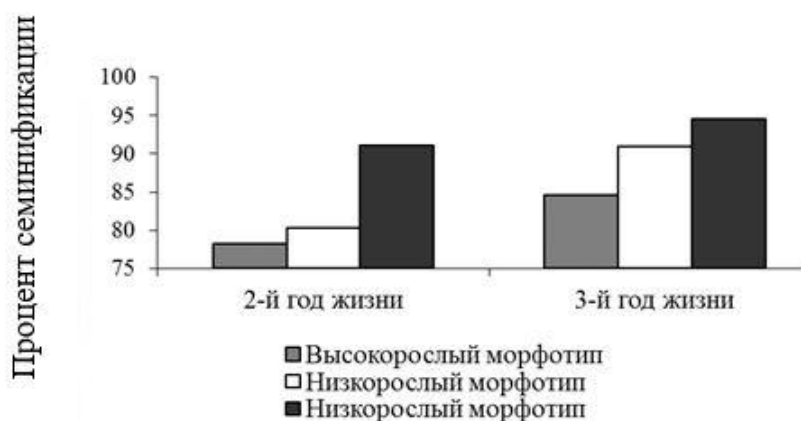


Рисунок 4.14 – Процент семинификации у морфотипов галеги восточной

Следует отметить, что большие различия по показателям процента семинификации у морфотипов свидетельствуют о том, что потенциальные возможности растения по формированию семян реализуются не полностью.

Таким образом, исследования семяобразующей способности морфотипов показали, что высокорослый морфотип характеризуется самой низкой потенциальной и реальной семенной продуктивностью, процентом семинификации, среднерослый – самыми высокими показателями потенциальной и реальной семенной продуктивности. ПС у среднерослого морфотипа оказался больше, чем у высокорослого. Низкорослый морфотип характеризуется низкими показателями реальной, потенциальной семенной продуктивности, но высокими значениями процента семинификации. Установлено, что перспективными для селекции являются среднерослые морфотипы образцов и сорта Гале.

4.5.2 СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ МОРФОТИПОВ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ

Известно, что семенная продуктивность характеризуется числом и массой семян с одного растения. Поскольку у растений с большим количеством вегетативных побегов определение семенной продуктивности с одного растения является достаточно трудоемким, то в данном случае этот показатель оценивается путем анализа одного побега, что позволяет достоверно охарактеризовать семенную продуктивность той или иной культуры.

Масса семян с одного побега – важный показатель, который характеризует семенную продуктивность кормовой культуры. В наших исследованиях масса семян у морфотипов варьировала во 2-й год исследований от 0,7 у высокорослого до 1,8 г семян на один побег у среднерослого морфотипа (рисунок 4.15). Из рисунка 4.17 видно, что масса семян с одного побега у среднерослого морфотипа в 2–2,5 раза больше по сравнению с высокорослым и низкорослым морфотипами.

При анализе массы семян у растений образцов и сорта Гале обнаружено, что наибольшая масса семян с побега характерна для растений сорта Гале, что составило, соответственно, за два года исследований – 1,14 г.

Таким образом, по данному показателю наиболее перспективными в качестве исходного материала для селекции являются среднерослый морфотип образцов и сорта Гале.

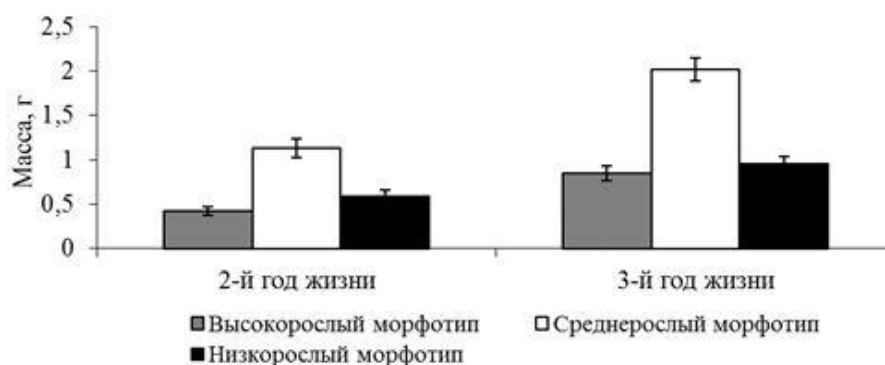


Рисунок 4.15 – Масса семян одного побега морфотипов галеги восточной

4.5.3 МАССА 1000 СЕМЯН

Возможность семенного размножения растений зависит от качества семян, одним из показателей которого является их масса. Изучение данного параметра у выделенных морфотипов галеги восточной во 2-й год жизни показало, что масса 1000 семян колеблется от 4,0 (высокорослый морфотип) до 7,5 г (среднерослый морфотип) (рисунок 4.16). Самые высокие

показатели массы 1000 семян отмечены по годам исследований у среднерослого морфотипа. Следует подчеркнуть, что по данному критерию все морфотипы статистически достоверно отличаются между собой. Установлено также, что масса 1000 семян по годам исследований изменяется в меньшей мере, чем между морфотипами.

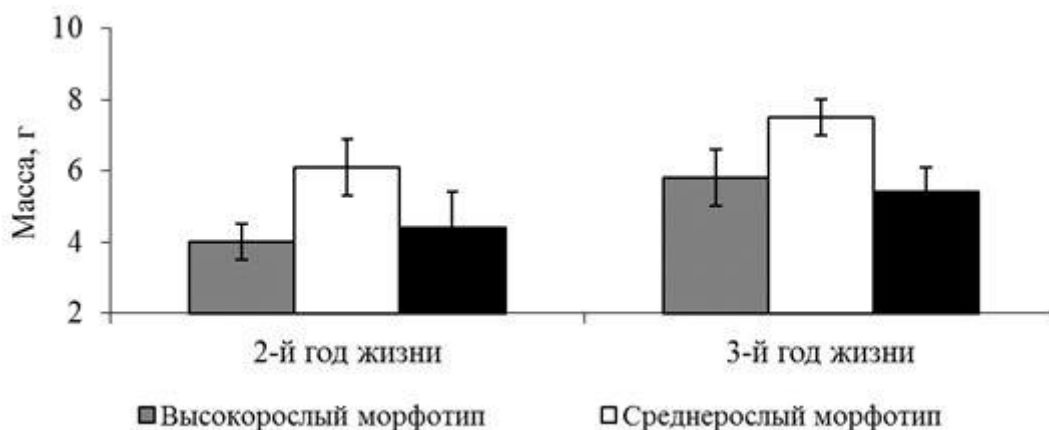


Рисунок 4.16 – Масса 1000 семян растений морфотипов галеги восточной

Найдена достоверно высокая положительная корреляция между массой и количеством семян ($r = 0,87$), количеством семенных побегов и массой всего растения ($r = 0,62$).

Таким образом, по массе 1000 семян в качестве исходного материала для селекции можно также рекомендовать среднерослый морфотип.

При изучении внутривидового разнообразия у галеги восточной важно знать количественное соотношение морфотипов в исследуемых образцах. Нами отмечено, что частота встречаемости выделенных морфотипов в различных образцах не одинакова (таблица 4.7). Преобладает высокорослый морфотип. Так, его доля составляет от 23% (у образца 3) до 83% (у образца 2). Следует отметить, что в образце 4 не обнаружены растения высокорослого и среднерослого морфотипов. Общий объем кластера высокорослого морфотипа составил 266 растений. Частота встречаемости растений среднерослого морфотипа меньше, чем высокорослого. У образца 1 она составила 26%, у образца 2 – 10%. Общий объем данного морфотипа составил 94 растения [83].

Частота встречаемости низкорослого морфотипа колебалась: от 2% у сорта Гале до 49% у образца 4. Наибольшее количество особей данного морфотипа составляют растения образца 4, общее их число – 130 растений. В 4-й кластер вошли те растения, которые не перезимовали (погибли) первую зиму. Полностью перезимовали растения образцов 1 и 2 и сорта Гале. Количество погибших растений составило от 22 у образца 5 до 51 у образца 4. В этом кластере основное количество особей представляют растения образца 4. Общий объем 4-го кластера составил 110 растений.

Таблица 4.7 – Частота встречаемости морфотипов в образцах галеги восточной, %

Образец	Морфотипы по высоте растений			
	Высокорослый	Среднерослый	Низкорослый	Низкорослый неморозоустойчивый
1	57	26	17	0
2	83	10	7	0
3	23	18	22	37
4	0	0	49	51
5	30	15	33	22
Сорт Гале	73	25	2	0

Как известно, кариологические исследования играют важную роль при решении разнообразных вопросов систематики, фенологии, флорогенеза, селекции и интродукции растений [19; 66; 101].

Исследование кариотипа лежит в основе изучения внутривидовой изменчивости. Сравнивали кариотипы корешков проростков морфотипов образцов. В кариотипах обнаружено 8 пар некрупных хромосом. На отдельных пластинках хорошо заметны спутничные хромосомы. Нами не обнаружено различий в наборе хромосом морфотипов. Полагаем, что дальнейшее изучение внутривидового разнообразия галеги восточной целесообразно вести на уровне генома.

Таким образом, при изучении внутривидового разнообразия по фенологическим признакам установлено, что в каждом образце по срокам весеннего отрастания, цветения, созревания выделены очень ранние, ранние, средние, поздние и очень поздние хронотипы, которые могут быть исходным материалом для селекции. При изучении внутривидового разнообразия по морфофизиологическим признакам установлено, что максимальная скорость роста, прироста растений 1-го года жизни наблюдалась на фазе кущения, а в последующие годы – на фазе бутонизации. Высокорослый морфотип характеризуется наибольшим количеством побегов ветвления, кущения, корневищ и высокими показателями диаметра побега, облиственности, высоты, сырой биомассы, площади листьев. У низкорослого морфотипа данные показатели были наименьшими. Среднерослый морфотип занимал промежуточное положение между высококорослым и низкорослым морфотипами. Показано, что среднерослый морфотип отличается наибольшей семенной продуктивностью. Поэтому среднерослые морфотипы можно рассматривать как перспективные при отборе по признаку семенной продуктивности, а высококорослый и среднерослый – по биологической продуктивности.

Отмечено разнообразие формы листочков в сложном листе галеги восточной по признаку соотношения их длины к ширине. Условно выделены три формы листочков: широкояйцевидные, яйцевидные и узкояйцевидные. Предполагается, что наиболее перспективными в селекции галеги восточной будут морфотипы с яйцевидной формой листочка в сложном листе.

По наличию антоциановой окраски выделены сильно окрашенные, окрашенные, слабо окрашенные и не окрашенные растения, при этом доля последних преобладает у всех образцов. Показано, что интенсивность антоциановой окраски может служить критерием при оценке высокорослости растений на ранних этапах онтогенеза.

Частота встречаемости выделенных морфотипов в различных образцах не одинакова. В образцах преобладает высокорослый морфотип. Следует отметить, что в образце 4 не обнаружены растения высокорослого и среднерослого морфотипов. Частота встречаемости растений среднерослого морфотипа меньше, чем высокорослого.

Полученные данные свидетельствуют о большом внутривидовом разнообразии галеги восточной по фенологическим, морфофизиологическим признакам. Гетерогенность увеличивает способность вида приспосабливаться к новым условиям, значительно повышает жизнеспособность, в качестве основного механизма определяет способность существования особей в изменяющихся условиях среды, дает основу для отбора хозяйственно-полезных морфотипов, позволяет вести интродукцию растений на селекционной основе.

ГЛАВА 5

БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОРФОТИПОВ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ

Для познания внутривидового разнообразия, а также для глубокого изучения исходного материала для селекции важно исследовать морфобиологические параметры в комплексе с биохимическими показателями растений [81; 82]. Нами изучено содержание сухого вещества, фотосинтетических пигментов, разных форм азота, белка, а затем проведена характеристика запасных белков выделенных и описанных ранее морфотипов с использованием белковых маркеров. В 1-й год жизни растений исследования биохимического состава морфотипов галеги восточной проводили в фазу кущения, во 2-й и 3-й годы жизни – в фазу плодоношения.

5.1 СОДЕРЖАНИЕ СУХОГО ВЕЩЕСТВА

Как видно из приведенных данных (рисунка 5.1), сорт Гале существенно отличается по данному показателю от всех образцов галеги восточной. Следует отметить, что в первый год жизни не перезимовали растения с достаточно высоким содержанием сухого вещества, которое варьировало от $26,0 \pm 0,03\%$ (образец 4) до $28,50 \pm 0,2\%$ (образец 3).

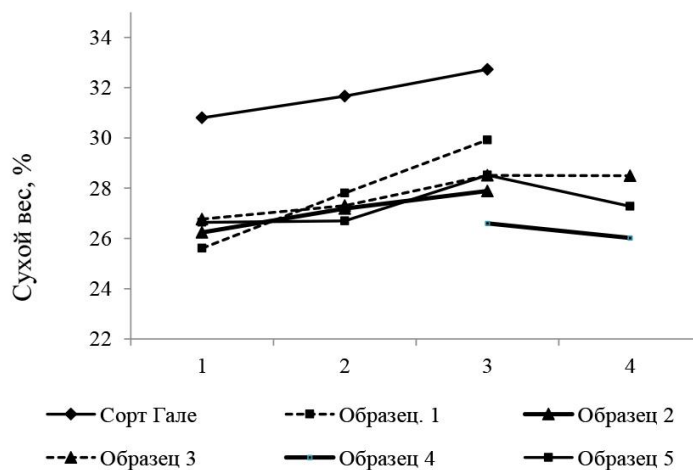


Рисунок 5.1 – Содержание сухого вещества у морфотипов галеги восточной в 1-й год вегетации (%)

Примечание. Морфотипы: 1 – высокорослый; 2 – среднерослый; 3 – низкорослый; 4 – низкорослый незимостойкий.

Максимальное содержание сухого вещества во 2-й год жизни (фаза плодоношения) также отмечено у сорта Гале. Оно составило

от 40,1% (высокорослый морфотип) до 42,4% (низкорослый морфотип). Для растений низкорослого морфотипа сорта Гале и образцов характерно более высокое содержание сухого вещества, что связано с меньшей облиственностью растений морфотипа. Следует отметить, что высокорослый морфотип всех образцов характеризуется наименьшим содержанием сухого вещества.

В опытах 3-го года исследований содержание сухого вещества в растениях было меньшим, чем во 2-й год (рисунок 5.2). Нами установлено, что содержание сухого вещества очень сильно зависит от метеорологических условий года: чем выше температура воздуха и меньше осадков, тем выше содержание сухого вещества. С этим связаны достаточно сильные колебания этого показателя за годы изучения. Как следует из полученных данных, наиболее высокое содержание сухого вещества у всех морфотипов образцов наблюдалось во второй год изучения. В этот год, на протяжении длительного периода, стояла сухая и жаркая погода, что создало большой дефицит влаги в почве. 3-й год исследований характеризовался большим количеством осадков, чем 2-й год, этим и объясняется меньшее содержание сухого вещества у морфотипов галеги восточной.

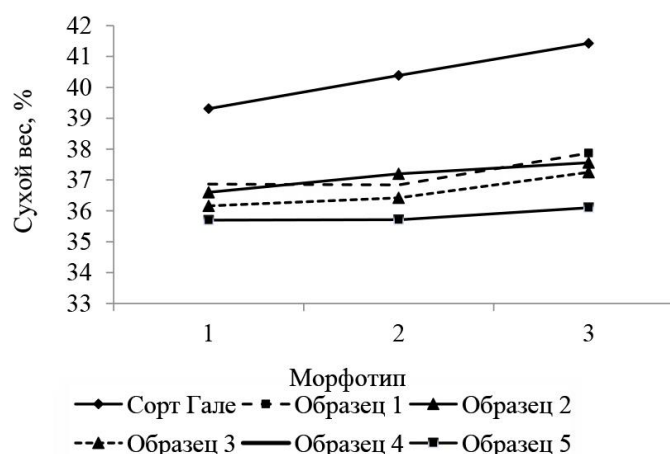


Рисунок 5.2 – Содержание сухого вещества у морфотипов галеги восточной (среднее за 3 года исследований) (%)

Примечание. Морфотипы: 1 – высокорослый; 2 – среднерослый; 3 – низкорослый.

Из приведенных данных видно, что по всем годам исследований для растений низкорослого морфотипа всех неселекционных образцов и сорта Гале характерно более высокое содержание сухого вещества, что связано с меньшей облиственностью растений данного морфотипа. Наибольшее количество сухого вещества отмечено у среднерослого и низкорослого морфотипов.

5.2 СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ

Исследования фотосинтетической деятельности растений должны включать изучение ассимиляционного аппарата и прежде всего пигментов: хлорофилла и каротиноидов как основных фоторецепторов фотосинтезирующей клетки, поскольку содержание хлорофиллов в листьях является одной из основных предпосылок высокой продуктивности растения [56; 77; 82; 92; 94].

Представлялось также весьма интересным исследовать количественные характеристики пигментного комплекса, а также соотношение содержания пигментов у морфотипов галеги восточной в условиях, в которых ранее растения не произрастали.

Количество фотосинтетических пигментов: хлорофиллов а и b каротиноидов определяли в листьях морфотипов галеги восточной в первый год жизни в фазу кущения, во 2-й и 3-й годы жизни – в фазу плодоношения.

В 1-й год жизни содержание хлорофилла а у сорта Гале варьировало от 1,86 мг/г (низкорослый морфотип) до 2,39 мг/г (среднерослый морфотип). Практически на одном уровне с морфотипами сорта Гале по накоплению хлорофилла а находятся высокорослый, среднерослый и низкорослый морфотипы образца 3, а также среднерослый и низкорослый – образца 5, низкорослый образца – 4.

Во 2-й год исследований содержание хлорофилла у всех морфотипов образцов несколько ниже, чем в 1-й год. В отличие от сорта Гале, во 2-й год исследований отмечено значительно большее содержание хлорофилла а у всех морфотипов образца 1. Наименьшее содержание указанного пигмента, по сравнению с сортом Гале, зафиксировано у морфотипов образцов 3, 4.

Следует отметить, что содержание у растений хлорофилла а в 3-й год исследований было несколько выше, чем во 2-й. У растений 3-го года жизни наибольшим количеством хлорофилла а (2,9 мг/г сух. в-ва) характеризовались среднерослый и низкорослый морфотипы образца 1. Морфотипы сорта Гале несколько уступали по данному показателю. По сравнению с морфотипами сорта Гале, практически на 40% меньше содержится хлорофилл а у морфотипов образца 3 и низкорослого морфотипа образца 4.

Таким образом, в среднем два года исследований показали, что наибольшее количество хлорофилла а накапливают морфотипы образца 1, что составило от 2,53 мг/г (высокорослый морфотип) до 2,62 мг/г сухого вещества (низкорослый морфотип). Морфотипы сорта Гале, образцов 2–5 накапливают существенно меньше хлорофилла а, чем морфотипы образца 1 (рисунок 5.3).

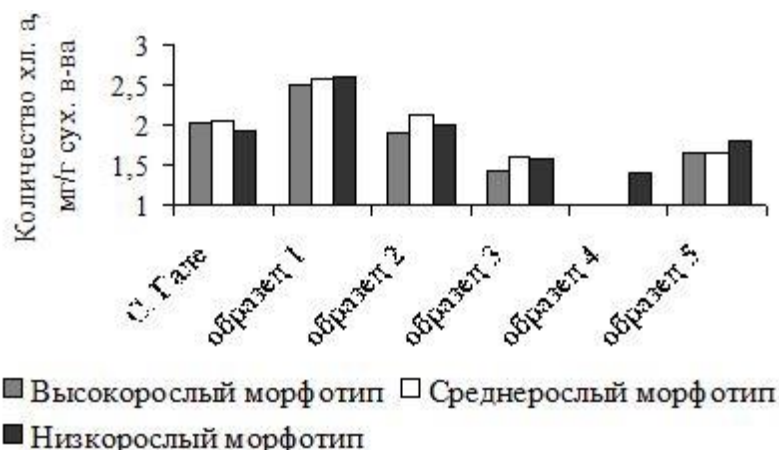


Рисунок 5.3 – Содержание хлорофилла а у морфотипов галеги восточной (среднее за 2-й и 3-й годы исследований)

Наибольшее содержание хлорофилла b в 1-й год жизни характерно для среднерослого морфотипа образца 1 и низкорослого морфотипа образца 2, в то же время как количество хлорофилла b практически у всех морфотипов сорта Гале было одинаково.

Два года исследований 2-го и 3-го годов жизни показали, что наибольшее количество хлорофилла b накапливают морфотипы образца 2, что составило от 0,62 мг/г сухого вещества (низкорослый морфотип) до 0,71 мг/г сухого вещества (среднерослый морфотип). Морфотипы сорта Гале, образцов 2–5 накапливают существенно меньше хлорофилла b, чем морфотипы образца 1 (рисунок 5.4).

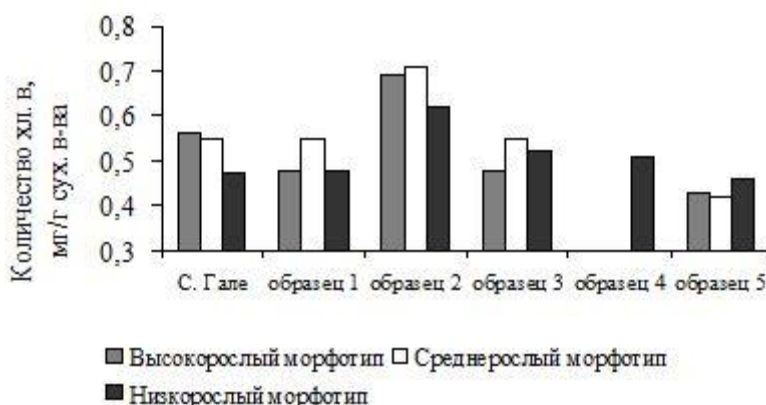


Рисунок 5.4 – Содержание хлорофилла b у морфотипов галеги восточной (среднее за 2 года исследований)

Из приведенных данных видно, что во 2-й год исследований у морфотипов наблюдалось самое низкое содержание хлорофилла а. При этом отмечалось, что количество хлорофилла b у растений было более высоким по сравнению с другими годами исследования. Как указывает С.В. Куренкова [56], смещение в сторону увеличения хлорофилла b – результат адап-

тации к условиям освещения. В этой связи можно предположить, что морфотипы, у которых содержание пигментов выше, более приспособлены к данной среде обитания.

Суммарное количество хлорофиллов а и в в 1-й год жизни у сорта Гале варьировало от 1,05 мг/г (низкорослый морфотип) до 1,64 мг/г (среднерослый морфотип). Показано, что статистически достоверно отличаются от морфотипов сорта среднерослый и низкорослый морфотипы образцов 1 и 2, количество хлорофиллов у которых больше, чем у морфотипов сорта. Приблизительно на одном уровне по накоплению хлорофиллов находятся высокорослый, среднерослый, низкорослый морфотипы образца 3, а также среднерослый и низкорослый – образца 5. Низкое содержание хлорофиллов, по сравнению с сортом Гале, отмечено у низкорослого морфотипа образца 4 и высокорослого морфотипа образца 5. Следует подчеркнуть, что низкорослые морфотипы образцов 3, 4 и 5 отличаются по содержанию пигментов не только внутри образца, но и между морфотипами других образцов.

Такой показатель, как сумма хлорофиллов а и в, в 3-й год исследования был выше, чем во 2-й год. Наибольшее суммарное содержание пигментов на 3-м году жизни галеги восточной отмечено у морфотипов образца 1, которое варьирует от 3,2 (высокорослый морфотип) до 3,39 мг/г сухого вещества (среднерослый и низкорослый морфотипы). У морфотипов сорта Гале сумма пигментов несколько ниже и варьирует от 2,66 (низкорослый морфотип) до 2,84 (среднерослый морфотип). Наименьшим количеством пигментов характеризуется низкорослый морфотип образца 4 – $2,02 \pm 0,09$ мг/г сухого вещества. Морфотипы образцов 2 и 5 характеризуются близкими значениями по накоплению пигментов с морфотипами сорта Гале.

Два года исследований показали, что наибольшее количество хлорофиллов а и в накапливают морфотипы образца 1, что составило от 3,01 мг/г сухого вещества (высокорослый морфотип) до 3,13 мг/г сухого вещества (среднерослый морфотип). Морфотипы образца 2 характеризуются также высоким содержанием пигментов. Морфотипы сорта Гале, образцов 3 накапливают существенно меньше хлорофиллов, чем морфотипы образца 1 (рисунок 5.5).

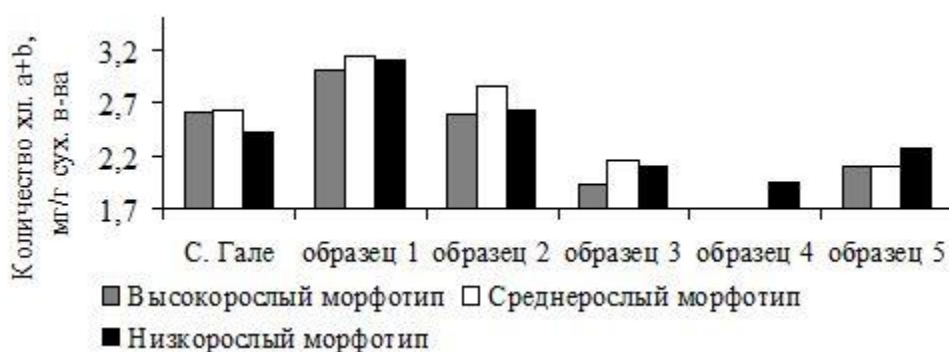


Рисунок 5.5 – Суммарное содержание хлорофиллов а и в у морфотипов галеги восточной (среднее за 2-й и 3-й годы исследований)

В 1-й год жизни галеги восточной отмечено наибольшее количество каротиноидов у растений высокорослого морфотипа образца 1 (0,58), низкорослого – образца 3 (0,45), высокорослого – сорта Гале (0,42) мг/г сухого вещества.

Полученные нами данные показали, что морфотипы образцов во 2-й год жизни содержали меньше каротиноидов, чем в 1-й. Установлено также, что морфотипы образца 1 накапливают наибольшее количество каротиноидов, чем все морфотипы образцов и сорта Гале. Невысоким уровнем накопления пигмента характеризуется и низкорослый морфотип образца 3, накапливая 0,39 мг/г сухого вещества, однако это меньше, чем у морфотипов сорта Гале.

Высокорослый морфотип образца 5 характеризуется наименьшим количеством каротиноидов среди всех морфотипов, что составило 0,18 мг/г сухого вещества.

В среднем нами установлено, что самое большое количество каротиноидов накапливают морфотипы сорта Гале: от 0,41 (высокорослый морфотип) до 0,54 мг/г сухого вещества, а наименьшим содержанием каротиноидов характеризуются морфотипы образца 5 (рисунок 5.6).

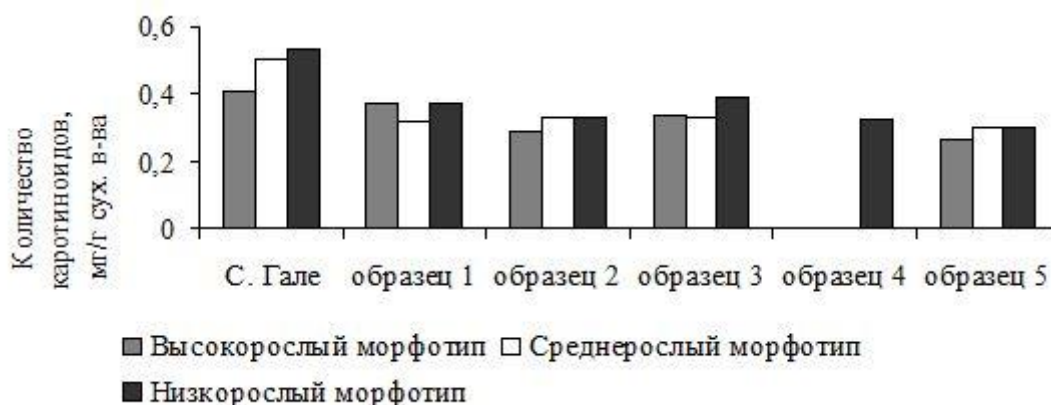


Рисунок 5.6 – Содержание каротиноидов у морфотипов галеги восточной (среднее за 2-й и 3-й годы исследований)

В 3-й год исследований наибольшее количество каротиноидов отмечено у низкорослого морфотипа сорта Гале. Она составило 0,54 мг/г сухого вещества, наименьшее – у среднерослого морфотипа образца 5 – 0,3 мг/г сухого вещества.

Таким образом, морфотипы сорта Гале характеризуются наибольшим содержанием каротиноидов, морфотипы образца 1 – хлорофилла а, а морфотипы образца 2 – хлорофилла в. Поэтому вышеуказанные морфотипы можно рекомендовать как перспективные для селекции.

5.3 СОДЕРЖАНИЕ АЗОТА В ЗЕЛЕННОЙ МАССЕ МОРФОТИПОВ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ

5.3.1 СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕГО АЗОТА

Продуктивность кормового растения тесно сопряжена с накоплением азота, который участвует в синтезе важнейших структур клетки. Азот является необходимым элементом для формирования ассимиляционной поверхности и обеспечения ее функциональной активности [76; 95].

Изучение накопления общего, небелкового, белкового азота и белка в 1-й год жизни растений проводили в фазу кущения, а во 2-й и 3-й годы вегетации – в фазу плодоношения.

Следует отметить, что в 1-й год жизни галега восточная отличается не только особенностями роста и развития, но и накоплением общего, небелкового, белкового азота и белка. В 1-й год жизни наибольшее содержание общего азота характерно для растений среднерослого морфотипа у всех образцов. Из таблицы 5.1 видно, что самые большие показатели по содержанию общего азота из среднерослых морфотипов отмечены у растений образца 2 (4,88%). Промежуточное положение по содержанию общего азота занимали растения низкорослого морфотипа галеги восточной. Наименьшее количество общего азота зафиксировано у высокорослых морфотипов, содержание которого варьировало от 3,38% (образец 3) до 4,44% (образец 2). Следует отметить, что в первую зиму растения низкорослого незимостойкого морфотипа вымерзли. Они характеризовались средним содержанием общего азота, что составило от 3,24% (образец 4) до 3,84% (образец 5).

Во 2-й год исследований наибольшее содержание общего азота было у морфотипов образца 1 и среднерослого морфотипа образца 2. Морфотипы сорта Гале характеризовались несколько большим количеством общего азота, чем морфотипы образцов 2, 4, 5.

В 3-й год жизни наибольшее содержание общего азота отмечено у растений среднерослого морфотипа образца 1 – 3,91%. Морфотипы сорта Гале (высокорослый – 3,38%, среднерослый – 3,74%, низкорослый – 3,53%) характеризовались меньшим количеством общего азота, по сравнению с растениями среднерослого морфотипа образца 1, однако большим, чем у растений высокорослого и низкорослого морфотипов образца 1, соответственно, 3,26% и 3,12%, и всех морфотипов у образцов 2–5.

Практически все образцы растений высокорослого морфотипа отличаются наименьшим содержанием общего азота – от 2,14% (образец 2) до 3,38% (сорт Гале), а растения среднерослого морфотипа – наибольшим, соответственно, от 2,76% (образец 3) до 3,91% (образец 1) (таблица 5.1).

Сравнивая полученные данные по годам исследований, можно сделать вывод, что количество общего азота, накопленное растениями морфотипов

всех образцов галеги восточной, в 1-й год исследований выше, чем в последующие годы (таблица 5.1). Исследования показали, что наибольшее количество общего азота отмечено у среднерослого морфотипа образца 1, наименьшее – у низкорослого морфотипа образца 3. Поэтому среднерослый морфотип образца 1 можно рекомендовать как исходный материал для селекции.

5.3.2 АЗОТ НЕБЕЛКОВЫЙ

В 1-й год жизни наибольшее содержание небелкового азота отмечено у растений высокорослого морфотипа образца 3 и составило 0,48% (таблица 5.1).

При анализе полученных во 2-й год исследований данных по всем образцам наименьшее содержание небелкового азота наблюдалось у среднерослых морфотипов, наибольшее – у низкорослых, среднее положение по данному показателю занимали высокорослые морфотипы.

В 3-й год исследований наибольшим количеством небелкового азота характеризовались растения среднерослого морфотипа образца 1 (0,43%) и высокорослого морфотипа сорта Гале (0,38%). Среднее содержание небелкового азота отмечено у низкорослого морфотипа образца 5 (0,33%), высокорослых морфотипов образцов 2, 5 (0,31%) и 5 (0,30%).

Таким образом, при суммировании полученных за два последних года исследований не выявлено статистически достоверных различий по накоплению небелкового азота как в образцах, так и между морфотипами. Вместе с тем достаточно высоким содержанием небелкового азота характеризуются низкорослый и высокорослый морфотипы сорта Гале, 0,38% и 0,35%, соответственно; низкорослый морфотип образца 1 (0,35%) и низкорослый морфотип образца 5 (0,32%), которые можно рекомендовать как исходный материал для селекции (таблица 5.1). Все остальные морфотипы образцов характеризуются несколько меньшим содержанием небелкового азота, которое варьировало от 0,31% у низкорослого морфотипа образца 4 до 0,23% у высокорослого морфотипа образца 1.

5.3.3 БЕЛКОВЫЙ АЗОТ

Наибольшее содержание белкового азота в 1-й год жизни отмечено у растений среднерослого морфотипа образца 2, которое составило 4,49%.

Во 2-й год исследований самым большим содержанием белкового азота среди всех морфотипов отличался высокорослый морфотип образца 1. Морфотипы сорта Гале характеризовались средними значениями

по этому показателю, которые изменялись от 3,22% (высокорослый морфотип) до 3,38% (среднерослый морфотип).

Несколько иная картина наблюдалась в 3-й год исследований. Самое большое содержание белкового азота отмечено у среднерослого морфотипа образца 1 (3,67%). Для морфотипов сорта Гале характерно несколько меньшее количество белкового азота – от 3,19% (низкорослый морфотип) до 3,45% (среднерослый морфотип).

Следует отметить, что морфотипы образцов в 3-й год исследований характеризуются меньшими значениями содержания белкового азота, по сравнению со 2-м годом исследований.

Таким образом, наибольшее количество белкового азота характерно для всех морфотипов сорта Гале и образцов 1–3, которые можно рекомендовать как исходный материал для селекции (таблица 5.1).

5.4 СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА

В 1-й год исследований по содержанию белка выделялись почти все среднерослые морфотипы образцов и сорта Гале, а также высокорослый и низкорослый морфотипы сорта Гале, образцов 1, 2, низкорослый морфотип образца 5.

В литературе указывается, что во 2-й и последующие годы исследований наибольшее количество белка на сухую массу накапливается в период бутонизации (25,0%) и постепенно снижается до 20,0% в фазе формирования бобов [15; 16]. Полученные нами данные согласуются с литературными. Так, во 2-й год исследований содержание белка у высокорослого морфотипа составило от 14,69% (образец 3) до 24,96% (образец 2), у среднерослого – от 14,44% (образец 5) до 24,52% (образец 1), у низкорослого – от 14,69% (образец 3) до 24,58% (образец 1). Наибольшие показатели по содержанию белка отмечены у низкорослого и среднерослого морфотипов образца 1 – 24,58% и 24,52%, соответственно, несколько меньшим – высокорослый и низкорослый морфотипы образца 2, соответственно, 24,96% и 23,3%. Среднее положение по данному показателю занимали морфотипы сорта Гале. Самые низкие показатели по содержанию белка зафиксированы у морфотипов образцов 3–5, которые варьировали от 14,69% (высокорослый и низкорослый морфотипы образца 3) до 16,27% (низкорослый морфотип образца 5) (таблица 5.1).

Наибольшее содержание белка в 3-й год исследований отмечено у среднерослого морфотипа образцов 1, 2 и сорта Гале, соответственно – 21,79%, 20,58% и 21,58%. Следует подчеркнуть, что среднерослые морфотипы сорта Гале и образца 2 в 3-й год жизни характеризовались бóльшим содержанием белка, чем во 2-й год исследований, а среднерослый морфотип образца 1 – наоборот – меньшим. Самые низкие показатели

по содержанию белка в 3-й год жизни имели растения высокорослого морфотипа образца 2 (11,44%), низкорослого морфотипа образца 3 (13,58%). Остальные морфотипы образцов занимают промежуточное положение по данному показателю, у которых содержание белка составило от 13,58% (низкорослый морфотип образца 3) до 19,94% (низкорослый морфотип сорта Гале).

Таблица 5.1 – Содержание различных форм азота и белка в зеленой массе растений морфотипов галеги восточной (% на сухое вещество)

Образец	Высокорослый морфотип	Среднерослый морфотип	Низкорослый морфотип	Низкорослый незимостойкий морфотип (вымерз после 2-го года жизни)
Азот общий				
Сорт Гале	4,01±0,05	4,58±0,2	4,48±0,3	
Образец 1	4,19±0,02	4,75±0,2	4,41±0,06	
Образец 2	4,44±0,02	4,88±0,05	4,44±0,09	
Образец 3	3,38±0,03	3,67±0,05	3,75±0,06	3,51±0,1
Образец 4			3,11±0,06	3,24±0,1
Образец 5	3,87±0,05	3,95±0,18	4,14±0,1	3,84±0,19
Азот небелковый				
Сорт Гале	0,39±0,04	0,3±0,06	0,27±0,03	
Образец 1	0,3±0,01	0,31±0,03	0,4±0,01	
Образец 2	0,4±0,02	0,39±0,2	0,42±0,03	
Образец 3	0,48±0,03	0,38±0,05	0,29±0,04	0,3±0,02
Образец 4			0,35±0,01	0,27±0,01
Образец 5	0,29±0,01	0,28±0,01	0,3±0,01	0,32±0,01
Азот белковый				
Сорт Гале	3,62±0,09	4,3±0,23	4,22±0,3	
Образец 1	3,89±0,04	4,43±0,2	4,01±0,06	
Образец 2	4,04±0,24	4,5±0,04	4,02±0,11	
Образец 3	2,89±0,04	3,3±0,17	3,46±0,1	3,21±0,08
Образец 4			2,76±0,06	2,98±0,09
Образец 5	3,58±0,05	3,67±0,19	3,84±0,1	3,52±0,2
Белок				
Сорт Гале	22,63±0,55	26,88±1,42	26,35±1,85	
Образец 1	24,29±0,25	27,69±1,26	25,06±0,37	
Образец 2	25,27±1,47	28,04±0,25	25,13±0,7	
Образец 3	18,06±0,25	20,60±1,06	21,63±0,6	20,06±0,51
Образец 4			17,27±0,36	18,60±0,55
Образец 5	22,40±0,33	22,94±1,17	23,98±0,64	22,01±0,12

ФАЗА ПЛОДОНОШЕНИЯ				
Азот общий				
Сорт Гале	3,5±0,04	3,7±0,05	3,6±0,08	
Образец 1	3,4±0,05	4,0±0,02	3,7±0,06	
Образец 2	2,8±0,05	3,8±0,02	3,1±0,05	
Образец 3	2,7±0,02	2,7±0,03	2,6±0,05	
Образец 4			2,7±0,01	
Образец 5	2,8±0,02	2,9±0,03	2,8±0,04	
Азот небелковый				
Сорт Гале	0,35±0,03	0,32±0,02	0,38±0,02	
Образец 1	0,23±0,03	0,33±0,03	0,35±0,05	
Образец 2	0,27±0,03	0,25±0,02	0,28±0,03	
Образец 3	0,3±0,02	0,3±0,05	0,27±0,03	
Образец 4			0,31±0,02	
Образец 5	0,28±0,05	0,29±0,03	0,32±0,02	
Азот белковый				
Сорт Гале	3,1±0,01	3,4±0,02	3,3±0,06	
Образец 1	3,1±0,02	3,8±0,03	3,3±0,05	
Образец 2	2,9±0,02	3,2±0,02	3,1±0,03	
Образец 3	2,4±0,03	2,7±0,02	2,3±0,02	
Образец 4				
Образец 5	2,6±0,03	2,5±0,03	2,4±0,02	
Белок				
Сорт Гале	19,45±0,03	21,34±0,03	20,4±0,03	
Образец 1	19,3±0,03	21,2±0,03	20,73±0,03	
Образец 2	23,2±0,03	19,76±0,05	19,5±0,03	
Образец 3	14,8±0,02	15,4±0,03	14,1±0,05	
Образец 4			14,8±0,05	
Образец 5	16,3±0,02	15,5±0,05	15,9±0,04	

Из полученных данных видно, что в 1-й год жизни у морфотипов галеги восточной содержание белка было значительно выше, чем в условиях 2-го и 3-го годов исследования. В таблице 5.1 приведены средние значения содержания белка у морфотипов галеги восточной. Растения морфотипов образца 1 накапливали наибольшее количество белка, что составило 21,07% на сухую массу. Следует отметить, что все остальные образцы по содержанию белка значительно уступали сорту Гале. Так, разница в содержании белка на сухую массу между сортом Гале и образцами 2–5 всех морфотипов составила, соответственно, 1,22%, 5,62%, 5,57% и 4,49%. Внутри каждого образца по накоплению белка морфотипы статистически отличаются между собой, кроме морфотипов образцов 3 и 5. Самое низкое содержание белка отмечено у низкорослого морфотипа образца 4. Оно составило 14,81%, а самое высокое – у среднерослого морфотипа образца 1 – 23,16%.

Таким образом, на основании внутривидовой изменчивости растений галеги восточной по накоплению азотсодержащих соединений можно заключить, что по данным признакам наиболее перспективными для селекции являются среднерослые морфотипы сорта Гале и образцов 1, 2, а также высокорослый морфотип образца 2 [83–85].

5.5 ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАПАСНЫХ БЕЛКОВ СЕМЯН

Повышение продуктивности галеги восточной предусматривает создание новых высокобелковых сортов на основе изменчивости исходного материала. Известно, что одним из способов изучения внутривидовой изменчивости является применение современного метода разделения и идентификации белков в ПААГ, что позволяет быстро и точно получить сведения по их составу у отдельных морфотипов [48; 105; 123].

Белки, накапливающиеся при созревании семян и постепенно расходуемые в процессе прорастания, принято называть запасными [4]. Эти белки преобладают в семенах однодольных и двудольных растений. Они множественны, полиморфны, локализованы в морфологически однородных тканях – эндосперме и семядолях зрелых семян. Именно эти белки являются наиболее удобными и надежными для идентификации и оценки семян. Эффективность использования их как белковых маркеров в сортовой идентификации и анализе генотипа растения определяется степенью изученности их молекулярной структуры, физико-химических свойств и генетического или хромосомного контроля [4; 48].

Задача данного исследования заключается в сравнительном изучении гетерогенности легкорастворимой фракции запасных белков семян галеги восточной методом электрофореза в ПААГ с целью молекулярной паспортизации образцов и морфотипов. Необходимо подчеркнуть, что сорт Гале в наших исследованиях выбран в качестве стандарта, как наиболее высокоурожайный, а также адаптированный для климатических условий Беларуси.

Как известно, основой для увеличения генетической изменчивости исходного материала в селекционных работах служит явление полиморфизма. Каждый из полиморфных сортов перекрестников представляет собой определенный, иногда очень богатый фонд генетической изменчивости, который может служить хорошей базой для проведения селекционных работ. Особую значимость в современной селекции приобретает изучение полиморфизма, основанное на использовании метода белковых маркеров, что дают возможность осуществлять внутрисортовой отбор [50].

Как уже отмечалось ранее, в литературе отсутствуют данные по качественному и количественному составу запасных белков галеги восточной,

поэтому полученные результаты представляют несомненный интерес для составления общей характеристики генофонда данной культуры.

Анализ электрофореграмм проводили с использованием специальной компьютерной программы (Sigma Gel, Германия), с учетом выраженности отдельных электрофоретических зон. В своих исследованиях руководствовались подходами и методами, которые были разработаны и использованы в лаборатории В.Г. Конарева при оценке сортов пшеницы, ржи, ежи сборной, фасоли и других сельскохозяйственных культур [48].

Проведенные исследования показали, что на электрофореграммах обнаружены различия по качественному и количественному белковому составу у морфотипов образцов и сорта Гале галеги восточной (рисунок 5.7а и б).

Анализ электрофоретических спектров запасных белков семян легко-растворимой фракции показал, что общими белками всех морфотипов являются белки с Мм 35,99; 70,96 кД, тогда как белок с молекулярной массой 80,01 кД характерен только для морфотипов образцов 1, 2, 5 и сорта Гале. Для морфотипов сорта Гале и образцов 1, 4, 5 общим белком является белок с Мм 40,55. У морфотипов образца 3 и сорта Гале в белковом спектре присутствуют полипептиды с Мм 63,73; 74,58 кД. Белки с Мм 99,01; 102,09 кД обнаружены лишь у низкорослого морфотипа образца 4 и у «контрольного» сорта Гале.

При исследовании вариабельности белковых компонентов морфотипов внутри одного исследуемого сорта были также выявлены как качественные, так и количественные изменения [83].

Сорт Гале. Высокорослый морфотип сорта Гале отличается от других морфотипов этого же сорта наличием белка с Мм 69,52 кД. Белок с Мм 88,92 кД присутствует только в спектре среднерослого морфотипа, тогда как белки с Мм 35,54; 41,48 кД обнаружены лишь в спектрах низкорослого морфотипа. Общими для всех морфотипов сорта Гале являются белки с Мм от 41,78 до 58,92 кД, а также белки с Мм от 91,51 до 102,09 кД.

Образец 1. Для всех трех морфотипов характерно наличие полипептидов с Мм от 70,96 до 91,51 кД. Кроме этих белков в спектре высококорослого морфотипа обнаружен полипептид с Мм 60,82 кД, у среднерослого – 48,67 кД, у низкорослого – 8,89 и 99,01 кД.

Образец 2. Для всех морфотипов характерно наличие полипептидов в диапазоне с Мм 61,73–89,52 кД. Кроме отмеченных в спектре высококорослого морфотипа обнаружены белки с Мм 45,64 и 58,92 кД, у среднерослого – 29,76 кД, у низкорослого – 52,33 кД.

Образец 3. Полипептиды от Мм 26,87 до 31,18 кД, 37,44–39,04 кД являются общими для всех морфотипов данного образца. Индивидуальные полипептиды: у высококорослого морфотипа – 42,29 кД, у среднерослого – 25,45 кД, у низкорослого – 34,36 кД. Следует особо подчеркнуть, что у всех морфотипов образца 3 отсутствуют полипептиды в диапазоне Мм 91,51–102,09 кД.

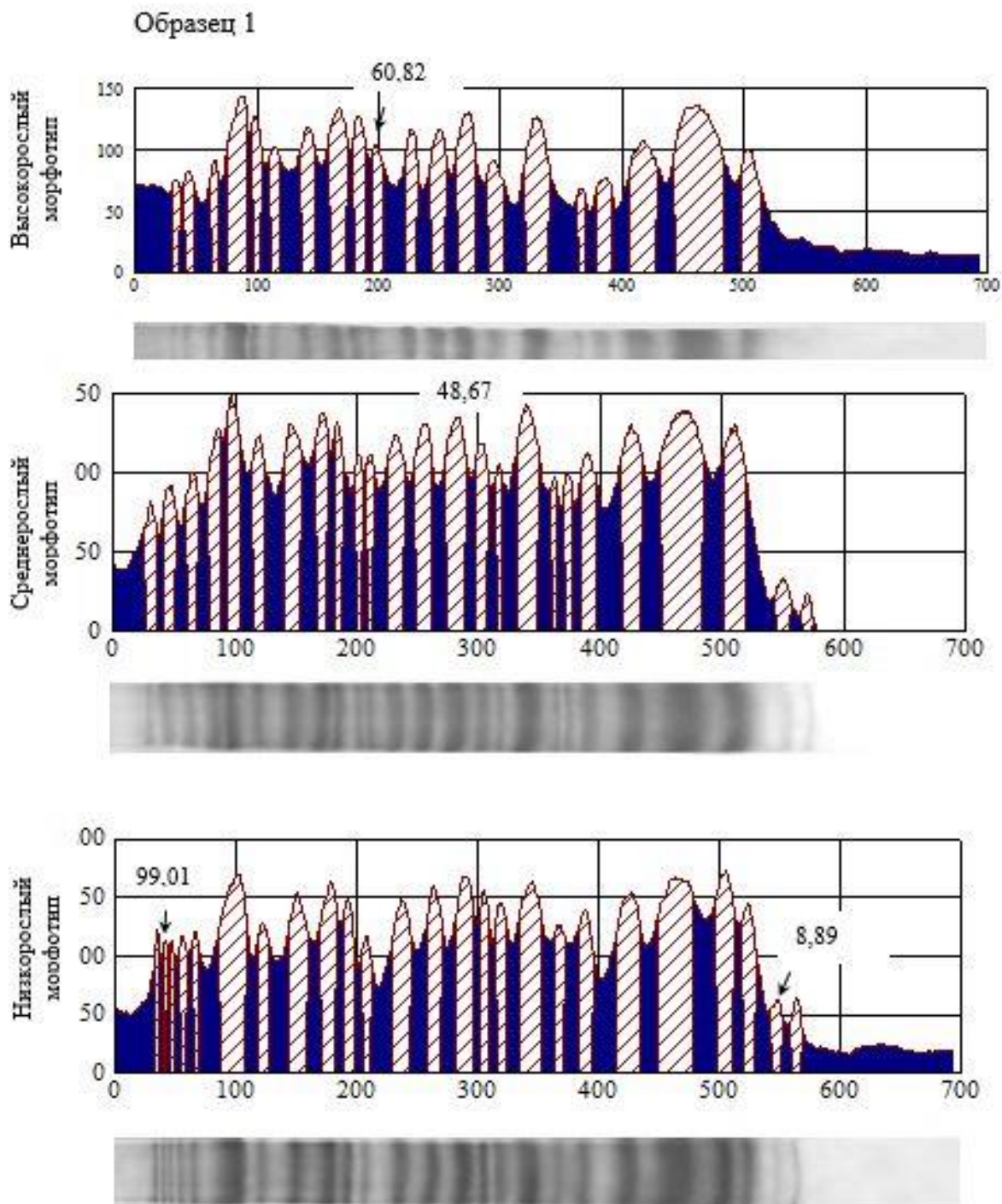


Рисунок 5.7а – Денситограммы и электрофореграммы (обработка по программе «Сигма-гель») запасных белков семян морфотипов образца 1. По оси абсцисс – длина пробега белка, по оси ординат – интенсивность. Стрелками на денситограммах указаны молекулярные массы в кД

Образец 4. Низкорослый морфотип образца 4 сравнивали с низкорослым морфотипом сорта Гале. У низкорослого морфотипа образца 4, по сравнению с сортом Гале, обнаружены белки с Мм 42,05; 74,58; 96,56 кД, однако отсутствуют белки с Мм 13,67; 15,57; 28,62; 30,56 и др.

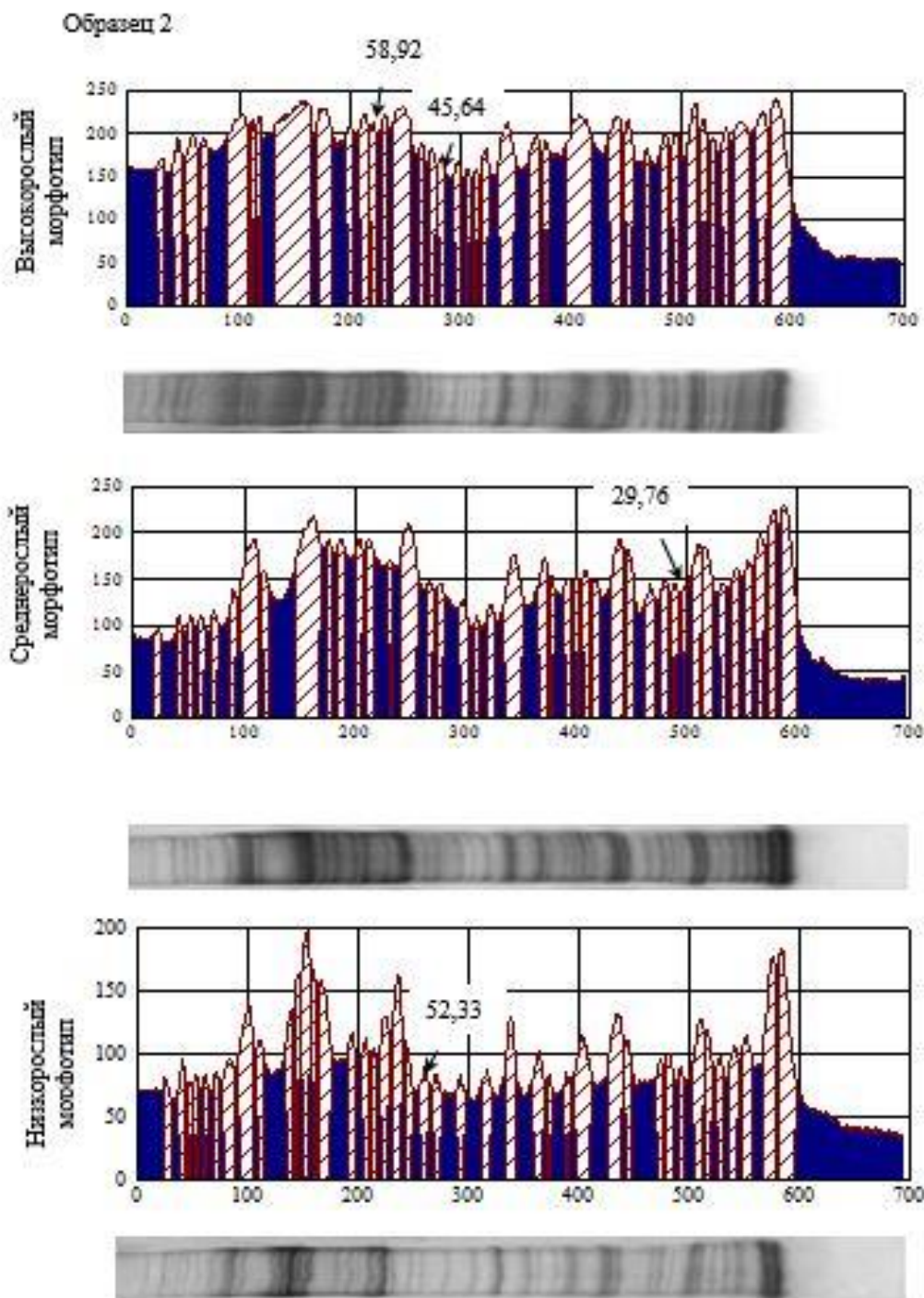


Рисунок 5.76 – Денситограммы и электрофореграммы (обработка по программе «Сигма-гель») запасных белков семян морфотипов образца 2. По оси абсцисс – длина пробега белка, по оси ординат – интенсивность. Стрелками на денситограммах указаны молекулярные массы в кД

Образец 5. Для высокорослого морфотипа отличительными являются белки с Мм 59,67 и 87,36 кД, для среднерослого – 31,18 кД, для низкорослого – 13,67 кД. Общими для трех морфотипов являются белки с Мм от 32,36 до 58,48 кД, а также белки с Мм от 69,52 до 87,07 кД.

Тщательный анализ денситограмм легкорастворимых белков исследуемых морфотипов образцов и сорта Гале выявил некоторые количественные различия в содержании полипептидов. Они колеблются в основном в пределах 10% и, вероятно, не могут существенно влиять на биохимический состав исследуемых фракций. Например, у среднерослого морфотипа образца 1 содержание белков с Мм 20,89 кД на 3% выше, чем содержание аналогичного белка у сорта Гале. Отмечено большее содержание белка с Мм 55,48 кД у высокорослого морфотипа образца 2 на 10%, чем аналогичного белка у низкорослого морфотипа образца 4.

Сравнительный анализ высокобелковых морфотипов исследованных образцов (среднерослый морфотип образца 1 содержит 21,2% белка, высокорослый морфотип образца 2 – 23,2% общего белка на сухое вещество) показал, что в спектре среднерослого морфотипа образца 1 – 17,5% белка с Мм 40,78 кД, в спектре высокорослого морфотипа образца 2 – 16,41% белка с Мм 78,93 кД. В спектрах низкобелковых морфотипов данные белки не обнаружены.

Полученные результаты полностью согласуются с данными В.Г. Конорева, И.Н. Перчук, Е.И. Насоновой [47–49] и других ученых, которые доказали, что степень внутривидовой изменчивости в значительной мере связана с происхождением форм, степенью их селекционной проработки и генетическим разнообразием исходного материала [48–50].

Таким образом, сравнительный анализ белковых спектров позволил определить степень внутривидовой изменчивости исследуемых образцов, а также показал, что изученные морфотипы образцов и сорта Гале отличаются как по качественному, так и по количественному составу. Выявленное разнообразие спектров легкорастворимой фракции свидетельствует о большом запасе генетической изменчивости галеги восточной. Наличие информации о генофонде культуры и возможность контроля за характером вовлечения его в селекционный процесс имеют первостепенное значение.

Представленный подход рекомендуется использовать при изучении белкового комплекса галеги восточной, что позволяет выявить отличия по запасным белкам. Данный подход может быть использован в генетическом и филогенетическом анализе в широком диапазоне – от аллельной и генной изменчивости, а также при направленной селекции галеги восточной с использованием методов генной и клеточной инженерии.

Исследования накопления азотсодержащих веществ показали, что наибольшее количество общего азота отмечено у среднерослого морфотипа образца 1, наименьшее – у низкорослого морфотипа образца 3; наибольшее количество небелкового азота накапливают растения низкорослого морфотипа сорта Гале – 0,38%, наименьшее – растения высокорослого морфотипа образца 1 – 0,23% на сухое вещество. При изучении накопления

белка отмечено наибольшее количество белка у растений высокорослого морфотипа образца 2, среднерослых морфотипов образца 1 и сорта Гале.

Таким образом, растения высокорослого морфотипа образца 2, среднерослых морфотипов образца 1 и сорта Гале являются перспективным материалом для селекции.

Сравнительный анализ электрофоретических спектров запасных белков семян показал, что изученные морфотипы неселекционных образцов и сорта Гале отличаются как по качественному, так и по количественному составу. Установленное разнообразие спектров белков легкорастворимой фракции свидетельствует о большом запасе генетической изменчивости. Электрофорез запасных белков в этом случае является эффективным методом, который может быть использован для выявления высокобелковых форм галеги восточной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выявлен и описан внутривидовой полиморфизм образцов галеги восточной по срокам и окончания весеннего отрастания, цветения, плодоношения, окончания вегетации. В каждом образце выделены хроно типы: очень ранние, ранние, средние, поздние и очень поздние. Наименее распространенными у всех образцов являются крайние хроно типы – очень ранние и очень поздние. Более половины растений приходится на хроно типы со средним значением фенологического признака.

2. На основе кластерного анализа растений по 25 морфологическим признакам образцов выделены четыре морфотипа: высокорослый, среднерослый, низкорослый незимостойкий. У всех исследуемых образцов наибольшую долю составляют высокорослый и среднерослый морфотипы. Показано, что среднерослый морфотип отличается наибольшей семенной продуктивностью, а высокой продуктивностью по биомассе (наибольшим количеством побегов ветвления, кущения, корневищ, облиственности) характеризуются высокорослый и среднерослый морфотипы. Среднерослые морфотипы можно рассматривать как перспективные при отборе по признаку семенной продуктивности, а высокорослый и среднерослый – по биологической продуктивности.

3. Отмечено разнообразие формы листочков в сложном листе галеги восточной по признаку соотношения их длины к ширине. Условно выделены три формы листочков: широкояйцевидные, яйцевидные и узкояйцевидные. Обнаружена положительная корреляция между показателями яйцевидной формы листочка и облиственностью побега. Предполагается, что наиболее перспективными в селекции галеги восточной будут морфотипы с яйцевидной формой листочка в сложном листе. По наличию антоциановой окраски выделены сильно окрашенные, окрашенные, слабо окрашенные и не окрашенные растения, при этом доля последних преобладает у всех образцов. Показано, что интенсивность антоциановой окраски может служить критерием при оценке высокорослости растений на ранних этапах онтогенеза.

4. Установлено, что наибольшим содержанием сухого вещества характеризуются морфотипы сорта Гале. При изучении фо-

тосинтетических пигментов доказано, что по накоплению хлорофиллов а и в выделяются морфотипы образца 1. Наибольшим количеством азотсодержащих веществ характеризуется среднерослый морфотип образца 1, белка – растения высокорослого морфотипа образца 2 и среднерослых морфотипов сорта Гале, образца 1. Это позволяет рекомендовать указанные морфотипы в селекции растений с высоким содержанием белка.

5. Сравнительный анализ электрофоретических спектров запасных белков семян показал, что изученные морфотипы неселекционных образцов и сорта Гале отличаются как по качественному, так и по количественному составу. Выявленное разнообразие спектров белков легкорастворимой фракции свидетельствует о большом запасе генетической изменчивости.

6. На основе полученных данных составлена шкала фенологических стадий роста и развития галеги восточной, подготовлены, изданы и внедрены в производство рекомендации и отраслевые регламенты по формированию многолетних плантаций галеги восточной в производственных условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авраменко, М.Н. Использование генофонда для создания нового исходного материала и высокоурожайных сортов галеги восточной: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / М.Н. Авраменко; Беларус. гос. с.-х. акад. – Горки: ГСХА, 2013. – 23 с.
2. Агроклиматический бюллетень / Государственный комитет по гидрометеорологии Респ. Беларусь. Гидрометеорологический центр. – 2001–2021. – № 20–41.
3. Базылев, Э.Я. Галега восточная и ее интродукция в Поволжье / Э.Я. Базылев, В.С. Сотченко, Н.И. Малинин // Тез. Всесоюз. совещ. по технологии возделывания новых кормовых культур. – Саратов–Энгельс, 1978. – С. 67–70.
4. Баннікова, В.П. Синтез запасного білка і його роль у формуванні насіння / В.П. Баннікова // Укр. ботан. журн. – 1970. – Т. 27, № 4. – С. 409–419.
5. Барановский, М.В. Травяная мука из галеги восточной / М.В. Барановский, А.С. Курак // Сельское хозяйство Белоруссии. – 1990. – № 1. – С. 17.
6. Баранчугов, Е.Г. К выделению фенологических форм осины / Е.Г. Баранчугов // Лесоведение. – 1983. – № 1. – С. 60–65.
7. Бегер, В.К. Новые кормовые культуры на полях Гродненской области / В.К. Бегер, Б.И. Спесак // Роль интродукции растений в увеличении производства кормов: тез. докл. науч.-техн. семинара. – Минск, 1985. – С. 19–21.
8. Бейдеман, И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ / И.Н. Бейдеман. – Новосибирск: Наука, 1974. – 154 с.
9. Берг, Р.Л. Типы полиморфизма / Р.Л. Берг // Вестн. Ленингр. ун-та. – 1957. – № 21. – С. 115–139.
10. Боброва, А.Д. Содержание аскорбиновой кислоты и флавонолов в галеге восточной / А.Д. Боброва // Материалы науч. сообщ. 5-го симпозиума по новым силосным растениям: в 2 ч. – Л., 1970. – Ч. 2. – С. 48–49.
11. Бриггс, Ф. Научные основы селекции растений / Ф. Бриггс, П. Ноулз. – М.: Колос, 1972. – 400 с.
12. Бушуева, В.И. Закономерности формообразовательного процесса и эффективность методов селекции бобовых культур (*Lupinus angustifolius* L., *Galega orientalis* Lam., *Trifolium pratense* L.) в Беларуси: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.09 / В.И. Бушуева; Беларус. гос. с.-х. акад. – Горки, 2010. – 48 с.
13. Вайнагий, И.В. О методике изучения семенной продуктивности растений / И.В. Вайнагий // Ботан. журн. – 1974. – Т. 59, № 6. – С. 826–831.
14. Вавилов, Н.И. Линнеевский вид как система / Н.И. Вавилов // Изб. тр.: в 5 т. – Л., 1965 а. – Т. 5. – С. 232–252.

15. Вавилов, П.П. Возделывание и использование козлятника восточного / П.П. Вавилов, Х.А. Райг. – Л.: Колос, 1982. – 70 с.
16. Вечер, Н.Н. Биоэкологические особенности *Galega orientalis* Lam. при интродукции в условиях Беларуси: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / Н.Н. Вечер; Ин-т эксперимент. ботаники им. В.Ф. Купревича. – Минск, 1998. – 15 с.
17. Гааль, Э. Электрофорез в разделении биологических макромолекул / Э. Гааль, Г. Медьеши, Л. Верецкей. – М.: Мир, 1982. – 447 с.
18. Грант, В. Видообразование у растений / В. Грант. – М.: Мир, 1984. – 528 с.
19. Дмитриева, С.А. Кариология флоры Беларуси: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.05 / С.А. Дмитриева; Ин-т эксперимент. ботан. им. В.Ф. Купревича. – Минск, 2000. – 41 с.
20. Дарвин, Ч. Изменение домашних животных и культурных растений / Ч. Дарвин. – М.–Л.: АН СССР, 1941. – 883 с.
21. Годнев, Т.Н. Хлорофилл, его строение и образование в растении / Т.Н. Годнев. – Минск: Наука и техника, 1963. – 319 с.
22. Дзюбенко, Н.И. Генетические ресурсы бобовых в контексте органического земледелия / Н.И. Дзюбенко, М.А. Вишнякова // Селекция и генетика бобовых культур: современные аспекты и перспективы: тез. междунар. науч. конф., Одесса, 23–26 июня 2014 г. – Одесса, 2014. – С. 108–110.
23. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 336 с.
24. Довнар, И.А. Приемы формирования технологии возделывания козлятника восточного (*Galega orientalis* Lam.): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / И.А. Довнар; Белорус. науч.-исслед. ин-т растен. и селекц. Нац. акад. наук Беларуси. – Жодино, 2003. – 19 с.
25. Дорофеюк, М.Т. Особенности возделывания козлятника восточного на семена в условиях юго-запада Республики Беларусь / М.Т. Дорофеюк, В.Ф. Дорофеюк // Актуальные проблемы адаптивной интенсификации земледелия на рубеже столетий: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2000. – С. 433–435.
26. Дорофеюк, М.Т. Возделывание козлятника восточного (галегии) на семена / М.Т. Дорофеюк, В.Ф. Дорофеюк // Пути повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. – Пружаны, 1996. – С. 31–35.
27. Епифанов, В.С. Козлятник Магистр / В.С. Епифанов, Г.Д. Савельев, И.В. Епифанова // Селекция и семеноводство. – 2002. – № 1. – С. 21.
28. Животовский, Л.А. Показатели популяционной изменчивости по полиморфным признакам / Л.А. Животовский // Фенетика популяций. – М.: Наука, 1982. – С. 38–44.

29. Жеруков, Б.Х. Козлятник восточный – высокобелковая кормовая культура / Б.Х. Жеруков, К.Г. Магомедов. – Нальчик, 2003. – 134 с.
30. Жукова, Л.А. Поливариантность онтогенеза и динамика ценопопуляций растений / Л.А. Жукова, А.С. Комарова // Журн. общ. биол. – 1990. – Т. 51, № 4. – С. 450–451.
31. Жукова, М.А. Анализ внутрипопуляционной изменчивости козлятника восточного по биохимическим признакам / М.А. Жукова, С.А. Стрельцина // Бюл. ВИР. – 2001. – № 240. – С. 67–70.
32. Зенькова, Н.Н. Биолого-технологические основы возделывания и использования галеги восточной: монография / Н.Н. Зенькова. – Витебск: ВГАВМ, 2008. – 162 с.
33. Зенькова, Н.Н. Кормовые достоинства галеги восточной / Н.Н. Зенькова // Наше сельское хозяйство. – 2018. – № 22. – С. 55–58.
34. Злобин, Ю.А. Агрофитоценология: учеб. пособие / Ю.А. Злобин. – Харьков: Харьк. с.-х. ин-т им. В.В. Докучаева, 1986. – 74 с.
35. Ивлев, Н.И. Интродукция образцов галеги восточной в подзоне средней тайги / Н.И. Ивлев // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений: материалы Всерос. науч. произв. конф.: в 3 т. – Пенза, 1998. – Т. 3. – С. 130–131.
36. Иевлев, Н.И. Начальные этапы онтогенеза (*Galega orientalis* Lam.) в подзоне средней тайги / Н.И. Иевлев // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений: материалы Всерос. науч.-производ. конф.: в 2 т. – Пенза, 2000. – Т. 1. – С. 127–129.
37. Иевлев, Н.И. Онтогенез козлятника восточного в условиях европейского Северо-Востока России / Н.И. Иевлев // Ботанические сады: состояние и перспективы сохранения, изучения, использования биологического разнообразия растительного мира: тез. докл. междунар. науч. конф., посвящ. 70-летию со дня основания ЦБС. – Минск, 2002. – С. 108–109.
38. Иевлев, Н.И. Семенная продуктивность галеги восточной / Н.И. Иевлев // Особенности развития и прорастания семян интродуцентов: тез. докл. 10-го совещания по семеноведению интродуцентов. – М., 1994. – С. 14.
39. Иевлев, Н.И. Козлятник восточный и рапс – источники кормового белка / Н.И. Иевлев, Г.А. Рубан. – Сыктывкар: Коми науч. центр УрО АН СССР, 1988. – 22 с.
40. Сравнительное изучение новых в условиях БССР бобовых трав / Л.П. Кавецкий [и др.] // Роль интродукции растений в увеличении производства кормов: тез. докл. науч.-техн. семинара. – Минск, 1985. – С. 9–11.
41. Карманенко, Н.М. Колориметрический метод определения сахаров в растительном материале / Н.М. Карманенко, О.Ф. Казанцева // Агрохимия. – 1986. – № 1. – С. 107–110.

42. Картель, Н.А. Энциклопедический словарь / Н.А. Картель, Е.Н. Макеева, А.М. Мезенко. – Минск: Тэхналогія, 1999. – 448 с.
43. Климат Беларуси / под ред. В.Ф. Логинова. – Минск: Ин-т геолог. наук НАН Беларуси, 1996. – 234 с.
44. Кобозев, И.В. Опыты заготовки кормов из козлятника восточного / И.В. Кобозев, В.Х. Хотов, Л.П. Никольская // Материалы 8-го Всерос. симпозиума по новым кормовым растениям. – Сыктывкар, 1993. – С. 78–79.
45. Козлятник (*Galega*) // Энциклопедический словарь лекарственных, эфирномасличных и ядовитых растений. – М.: Сельхозиздат, 1951. – С. 164–165.
46. Кокорина, А.Л. Методы предпосевной обработки покоящихся семян козлятника восточного и лядвенца рогатого / А.Л. Кокорина // Эколого-популяционный анализ кормовых растений естественной флоры, интродукция и использование: тез. докл. 7-го Всесоюз. симп. по новым кормовым растениям. – Сыктывкар, 1990. – С. 86–87.
47. Конарев, А.В. Филогенетическая характеристика белков злаков: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.04 / А.В. Конарев; Ин-т биохимии им. А.Н. Баха. – М., 1987. – 48 с.
48. Конарев, В.Г. Белки растений как генетические маркеры / В.Г. Конарев. – М.: Колос, 1983. – 320 с.
49. Конарев, В.Г. Белки, нуклеиновые кислоты и проблемы прикладной ботаники, генетики и селекции / В.Г. Конарев // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции – 1973. – Т. 52, вып. 1. – С. 4–28.
50. Конарев, В.Г. Морфогенез и молекулярно-биологический анализ растений / В.Г. Конарев. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб., 2001. – 417 с.
51. Кретович, В.Л. Усвоение и метаболизм азота у растений / В.Л. Кретович. – М.: Наука, 1987. – 486 с.
52. Кудинов, М.А. Роль интродукции растений в пополнении дефицита белка в кормопроизводстве / М.А. Кудинов, Л.В. Кухарева, И.И. Чекалинская // Пути решения проблемы кормового белка в Белоруссии, Литве, Латвии и Эстонии. – Жодино, 1984. – С. 132–133.
53. Кузнецова, З.П. Возрастная динамика химического состава надземной массы галеги восточной, интродуцированной в Белоруссии / З.П. Кузнецова // Изв. АН БССР. Сер. с.-х. наук. – 1989. – № 1. – С. 63–65.
54. Куклина, А.Г. Эколого-географическая изменчивость жимолости голубой в связи с вопросами интродукции: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / А.Г. Куклина. – М., 1987. – 17 с.
55. Курак, А.С. Продуктивность, состав и свойства молока коров при скормливании галеги восточной: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.04 / А.С. Курак; БелНИИЖ. – Жодино, 1991. – 22 с.

56. Куренкова, С.В. Пигментная система культурных растений в условиях подзоны средней тайги европейского Северо-Востока / С.В. Куренкова. – Екатеринбург, 1998. – 114 с.
57. Кшникаткина, А.Н. Козлятник восточный / А.Н. Кшникаткина. – Пенза: РИО ПГСХА, 2001. – 287 с.
58. Левин, Р.С. Репродуктивная биология семенных растений (общий обзор) / Р.С. Левин. – М.: Наука, 1981. – 96 с.
59. Ламан, Н.А. Галега восточная: руководство по возделыванию на корм и семена / Н.А. Ламан, В.Н. Прохоров, И.М. Морозова. – Минск: ИООО «Право и экономика», 2003. – 31 с.
60. Ламан, Н.А. Возделывание галеги восточной в смешанных посевах с многолетними злаковыми травами. Типовые технологические процессы. Отраслевой регламент / Н.А. Ламан, В.Н. Прохоров, И.М. Морозова. – Минск, 2005. – 20 с.
61. Ламан, Н.А. Возделывание галеги восточной на корм и семена. Типовые технологические процессы. Отраслевой регламент / Н.А. Ламан, В.Н. Прохоров, И.М. Морозова. – Минск, 2005. – 20 с.
62. Ламан, Н.А. Рекомендации по возделыванию галеги восточной на корм и семена / Н.А. Ламан, В.Н. Прохоров, И.М. Морозова. – Минск: ИООО «Право и экономика», 2004. – 42 с.
63. Ламан, Н.А. Методическое руководство по исследованию смешанных агрофитоценозов / Н.А. Ламан, В.П. Самсонов, В.Н. Прохоров. – Минск, 1996. – С. 58–95.
64. Леонтьев, И.П. Сорты и разработка некоторых приемов семеноводства козлятника восточного (*Galega orientalis* Lam.) в условиях Башкортостана: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / И.П. Леонтьев. – М., 1994. – 17 с.
65. Леопольд, А. Рост и развитие растений / А. Леопольд. – М.: Мир, 1968. – 494 с.
66. Магулаев, А.Ю. Хромосомные числа некоторых видов цветковых растений флоры Крыма и Кавказа / А.Ю. Магулаев // Ботан. журн. – 1986. – Т. 74, № 11. – С. 1575–1578.
67. Малышева, Н.Ю. Цветение и опыление козлятника восточного (*Galega orientalis* Lam.) / Н.Ю. Малышева // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования: тез. докл. 1-го междунар. симпозиума. – Пущино, 1995. – С. 534.
68. Мамаев, С.А. Использование комплексного метода морфофизиологических маркеров для оценки структуры популяций древесных растений / С.А. Мамаев, А.К. Махнев // Физиологическая и популяционная изменчивость (популяционная изменчивость): сб. науч. тр. – Саратов, 1983. – С. 48–51.

69. Мамаев, С.А. Ель сибирская на Урале: внутривидовая изменчивость и структура популяций / С.А. Мамаев, П.П. Попов. – М.: Наука, 1989. – 104 с.
70. Махнев, А.К. О закономерностях внутривидовой изменчивости березы по биологическим свойствам семян в горах Северного Урала / А.К. Махнев, О.В. Махнева // Экология. – 1979. – № 2. – С. 22–32.
71. Медведев, П.Ф. Козлятник восточный / П.Ф. Медведев // Семеноводство новых кормовых культур. – Л.: Колос, 1974. – С. 72–77.
72. Метлицкая, Е.Н. Исходный материал для селекции козлятника восточного в условиях Эстонии: автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Е.Н. Метлицкая; ВНИИР им. Н.И. Вавилова. – СПб., 1992. – 18 с.
73. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. – М., 1972. – С. 90–92.
74. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М., 1997. – 136 с.
75. Микуленок, В.Г. Влияние скармливания травяной муки из галеги восточной на продуктивные качества свиноматок и выращивание свинок: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 01.04.02 / В.Г. Микуленок; Белорус. науч.-исследов. ин-т животноводства НАН Беларуси. – Жодино, 1996. – 18 с.
76. Мироненко, А.В. Новое в увеличении производства растительных кормовых белков: Обзорная информация / А.В. Мироненко, В.И. Домаш, И.В. Рогульченко. – Минск: БелНИИНТИ, 1983. – 48 с.
77. Мишуров, В.П. Некоторые подходы к изучению внутривидовой изменчивости дикорастущих кормовых растений / В.П. Мишуров, И.А. Лавриненко // Интродукция кормовых растений в Коми АССР / Тр. Коми науч. центра УрО АН СССР, 1991. – № 123. – С. 5–17.
78. Конарев, В.Г. Молекулярно-биологические аспекты прикладной ботаники, генетики и селекции / В.Г. Конарев. – М., 1993. – 448 с.
79. Морозова, И.М. Особенности развития видообразцов галеги восточной при культивировании в условиях Беларуси / И.М. Морозова // Антропогенная динамика ландшафтов и проблемы сохранения и устойчивого использования биологического разнообразия: материалы респ. науч.-практ. конф. – Минск, 2001. – С. 38–39.
80. Морозова, И.М. Сезонное развитие, зимостойкость и урожайность семян у образцов галеги восточной в Беларуси различного географического происхождения / И.М. Морозова // Сб. ст. 7-й Респ. науч. конф. студентов и аспирантов Беларуси. – Витебск, 2002. – С. 103–105.
81. Морозова, И.М. Внутривидовая изменчивость галеги восточной по морфологическим признакам / И.М. Морозова, Н.А. Ламан // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений: материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 т. – Ульяновск, 2002. – Т. 1. – С. 66–70.

82. Морозова, И.М. Внутривидовая изменчивость галеги восточной по хозяйственно-ценным признакам / И.М. Морозова, Н.А. Ламан // Ботанические сады: состояние и перспективы сохранения, изучения, использования биологического разнообразия растительного мира: тез. докл. междунар. науч. конф., посвящ. 70-летию со дня основания ЦБС. – Минск, 2002. – С. 192–193.
83. Морозова, И.М. Внутривидовой полиморфизм галеги восточной по семенной продуктивности / И.М. Морозова, Н.А. Ламан // Вес. НАН Беларусі. Сер. біял. навук. – 2005. – № 2. – С. 22–25.
84. Морозова, И.М. Внутривидовой полиморфизм галеги восточной (*Galega orientalis* Lam.) / И.М. Морозова, Н.А. Ламан // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: III Междунар. науч. конф. – Минск, 2003. – С. 88–89.
85. Морозова, И.М. Внутривидовой полиморфизм галеги восточной (*Galega orientalis* Lam.) по фенологическим признакам / И.М. Морозова, Н.А. Ламан // Вес. НАН Беларусі. Сер. біял. навук. – 2004. – № 2. – С. 5–9.
86. Морозова, И.М. Внутривидовое разнообразие галеги восточной (*Galega orientalis* Lam.) по семенной продуктивности / И.М. Морозова, Н.А. Ламан // Ботанические сады как центры сохранения биоразнообразия и рационального использования растительных ресурсов: материалы междунар. конф., посвящ. 60-летию Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина Рос. акад. наук. – М., 2005. – С. 358–360.
87. Морозова, И.М. Морфологические особенности роста и развития галеги восточной (*Galega orientalis* Lam.) в первый год жизни / И.М. Морозова, Н.А. Ламан // Вес. НАН Беларусі. Сер. біял. навук. – 2003. – № 4. – С. 66–69.
88. Морозова, И.М. Особенности роста и развития галеги восточной в культуре / И.М. Морозова, Н.А. Ламан // Проблемы рационального использования растительных ресурсов. – Владикавказ, 2004. – С. 45–52.
89. Морозова, И.М. Рост и развитие галеги восточной в первый год жизни / И.М. Морозова, Н.А. Ламан // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: материалы II Междунар. науч. конф. – Минск, 2001. – С. 143–144.
90. Мухаметшин, М.С. Семенная продуктивность нетрадиционных кормовых растений при интродукции в лесостепи Республики Башкортостан / М.С. Мухаметшин, Л.А. Тухватуллина // Особенности развития и прорастания семян интродуцентов. – М., 1994. – С. 22–23.
91. Надежкин, С.М. Козлятник восточный улучшает плодородие черноземов / С.М. Надежкин, А.Н. Кшникаткина // Земледелие. – 2001. – № 1. – С. 23.
92. Наумов, М.М. Фотосинтетическая продуктивность галеги восточной в условиях Причерноморья / М.М. Наумов // Новые и нетрадиционные

растения и перспективы их практического использования: материалы 2-го Междунар. симпозиума: в 3 т. – Пущино, 1997. – Т. 1. – С. 189–191.

93. Николаева, М.Г. Справочник по проращиванию покоящихся семян / М.Г. Николаева, М.В. Разумова, В.Н. Гладкова. – Л.: Наука, – 1985. – 347 с.

94. Ничипорович, А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев / А.А. Ничипорович // XV Тимирязевские чтения. – М.: Наука, 1956. – 93 с.

95. Ныммсаллу, Х.К. Аминокислотный состав протеина надземной массы козлятника восточного сорта Гале / Х.К. Ныммсаллу // Козлятник восточный – проблемы возделывания и использования: тез. докл. 1-го Всесоюз. науч.-производ. семинара. – Челябинск, 1991. – С. 28–29.

96. Ныммсаллу, Х.К. Изучение химического состава зеленой массы козлятника восточного сорта Гале / Х.К. Ныммсаллу // Кормовые растительные ресурсы – фактор научно-технического прогресса в кормопроизводстве: тез. докл. Всесоюз. науч.-производ. конф. – Киев–Белая Церковь, 1989. – С. 24–25.

97. Ошиева, Г.М. Приемы возделывания козлятника восточного на корм и семена в Предуралье: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Г.М. Ошиева. – Пермь, 1997. – 23 с.

98. Палилова, А.Н. Генетика и урожай / А.Н. Палилова. – Минск: Урожай, 1990. – 179 с.

99. Палилова, А.Н. Нехромосомная наследственность / А.Н. Палилова / под ред. Н.В. Турбина. – Минск: Наука и техника, 1981. – 184 с.

100. Панфилов, В.И. Анализ сельскохозяйственных растений / В.И. Панфилов, И.И. Иванов, А.В. Соколов. – М.: Сельхозгиз, 1941. – 276 с.

101. Парфёнаў, В.І. Карыялагічнае вывучэнне відаў, якія растуць на межах арэалаў / В.І. Парфёнаў, С.А. Дзмітрыева, Л.В. Семярэнка // Вес. Акад. навук БССР. Сер. біял. навук. – 1975. – № 2. – С. 5–14.

102. Плешков, Н.Н. Практикум по биохимии растений / Н.Н. Плешков. – М.: Колос, 1968. – С. 3–9.

103. Полиморфизм растений по степени перекрестноопыляемости: (Биологическое значение, генетические основы, практическое использование) / под ред. Н.В. Турбина. – Минск: Наука и техника, 1981. – 246 с.

104. Посыпанов, Г.С. Формирование симбиотического аппарата козлятника восточного / Г.С. Посыпанов, В.И. Скоблина, Н.Г. Тазина // Эколого-популяционный анализ кормовых растений естественной флоры, интродукция и использование: тез. докл. 7-го Всесоюз. симпозиума по новым кормовым растениям. – Сыктывкар, 1990. – С. 156–157.

105. Прилипко, Л.И. Козлятник восточный в Азербайджане / Л.И. Прилипко, А.И. Маилов // Шестой симпозиум по новым кормовым растениям: тез. науч. сообщений. – Саранск, 1973. – С. 97.

106. Применение электрофореза белков в первичном семеноводстве зерновых культур: метод. указания. – СПб., 1993. – 42 с.

107. Прокопов, А.П. Галега восточная, ее кормовая ценность и эффективность использования / А.П. Прокопов, Я.В. Беловодская, Г.В. Витковский // Научно-практический опыт в агропромышленном производстве (БелНИИ экономики и информации АПК). – 1995. – № 40. – 3 с.

108. Процко, Р.Ф. Будова насінних покривів та особливості проростання насіння *Galega orientalis* L. і *Lathyrus sylvestris* L. / Р.Ф. Процко, Г.Г. Мартин, О.А. Закордонць // Український ботанічний журнал. – 1994. – Т. 51, № 1. – С. 66–72.

109. Работнов, Т.А. Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии / Т.А. Работнов // Проблемы ботаники. – 1950б. – Т. 1. – С. 465–483.

110. Работнов, Т.А. О конкуренции между растениями в растительных сообществах / Т.А. Работнов // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 1984а. – Т. 89, вып. 6. – С. 82–94.

111. Райг, Х.А. Семеноводство галеги / Х.А. Райг. – Таллинн: УИВ Госагропрома ЭССР, 1988. – 24 с.

112. Райг, Х.А. О возможности использования новой бобовой культуры – козлятника восточного Пути решения проблемы кормового белка в Белоруссии, Литве, Латвии и Эстонии / Х.А. Райг. – Жодио, 1984. – С. 74–77.

113. Растительный белок / под ред. Т.П. Микулович. – М.: Агропромиздат, 1991. – 634 с.

114. Род 14. *Galega* L., Козлятник, галега // Флора Армении. Mimosaceae – Juglandaceae: в 7 т. – Ереван: Изд-во Арм. ССР, 1962. – С. 94–99.

115. Роллов, А.Х. Дикорастущие растения Кавказа, их распространение, свойства и применение / А.Х. Роллов. – Тифлис, 1908. – 559 с.

116. Ротов, Р.А. К вопросу о внутривидовой экологической дифференциации растений / Р.А. Ротов // Бюл. Главн. ботан. сада. – 1974. – Т. 91. – С. 47–50.

117. Рупасава, Ж.А. Асаблівасці хімічнага саставу селекцыйных узораў галегі ўсходняй ва ўмовах Беларусі. III. Назапашванне мінеральных элементаў / Ж.А. Рупасава, В.П. Ляткоўскі, М.М. Вечар // Вес. АН БССР. Сер. біял. навук. – 1993. – № 3. – С. 20–25.

118. Рупасава, Ж.А. Асаблівасці хімічнага саставу селекцыйных узораў галегі ўсходняй ва ўмовах Беларусі. I. Назапашванне пратэіну, фотасінтэзуючых пігментаў, вугляводаў / Ж.А. Рупасава, В.П. Ляткоўскі, В.Р. Русаленка // Вес. АН БССР. Сер. біял. навук. – 1992. – № 5–6. – С. 51–57.

119. Рупасава, Ж.А. Асаблівасці хімічнага саставу селекцыйных узораў галегі ўсходняй ва умовах Беларусі. II. Назапашванне вітаміну С, фенольных злучэнняў, ліпідаў, безазоцістых экстрактыўных рэчываў / Ж.А. Рупа-

сава, В.П. Ляткоўскі, В.Р. Русаленка // Вес. АН БССР. Сер. біял. навук. – 1993. – № 1. – С. 17–20.

120. Сборник научных трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1987. – № 114. – С. 24–33.

121. Симонов, С.Н. Галега восточная – новая кормовая культура / С.Н. Симонов. – М., 1938. – 67 с.

122. Синская, Е.Н. Вид и его структурные части на различных уровнях органического мира / Е.Н. Синская // Бюл. Всесоюз. ин-та растениеводства. – 1979. – № 91. – С. 7–24.

123. Словарь ботанических терминов / под ред. И.А. Дудки. – Киев: Наук. думка, 1984. – С. 306.

124. Созинов, А.А. Полиморфизм белков и его значение в генетике и селекции / А.А. Созинов. – М.: Наука, 1985. – 272 с.

125. Солберг, О. Популяционная биология / О. Солберг, Д. Солберг. – М.: Мир, 1982. – 448 с.

126. Солдатенков, Е.П. Действие минеральных удобрений на козлятник восточный / Е.П. Солдатенков, А.П. Шпаков, И.Я. Пахомов // Химизация сельского хозяйства. – 1988. – № 3. – С. 55–56.

127. Спесак, Б.И. Галега восточная – новая кормовая культура на полях Гродненской области / Б.И. Спесак, С.Ф. Забелендик, В.М. Иванкина // Козлятник восточный – проблемы возделывания и использования: тез. докл. 1-го Всесоюз. науч.-производ. семинара. – Челябинск, 1991. – С. 47–49.

128. Стадничук, Н.А. Перспективы селекции *Galega orientalis* Lam. в условиях лесостепи Украины / Н.А. Стадничук // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования: тез. докл. 1-го Междунар. симпозиума. – Пушино, 1995. – С. 374–375.

129. Стрельцина, С.А. Внутрипопуляционная изменчивость люцерны посевной и козлятника восточного по биохимическим показателям качества / С.А. Стрельцина // С.-х. биология. – 2001. – № 5. – С. 37–46.

130. Струк, А.М. Пути снижения твердокаменности семян галеги восточной / А.М. Струк, К.И. Пимонов // Совершенствование системы кормопроизводства и кормоприготовления. – Персиановка, 1994. – С. 37–40.

131. Сукачев, В.Н. Основы лесной биогеоценологии / В.Н. Сукачев. – М., 1964. – 423 с.

132. Тахтаждан, А.Л. Теоретическое и практическое значение систематики растений и пути ее развития / А.Л. Тахтаждан // Журн. общ. биол. – 1965. – № 4. – С. 385–395.

133. Терминология роста и развития высших растений / М.Х. Чайлохян [и др.]. – М.: Наука, 1982. – 96 с.

134. Техника биохимического исследования субклеточных структур и биополимеров растительной клетки. – Минск: Наука и техника, 1986. – С. 197.
135. Тимофеев-Ресовский, Н.В. О генетическом полиморфизме в популяциях / Н.В. Тимофеев-Ресовский, Ю.М. Свирежев // Генетика. – 1967. – № 10.
136. Тупикова-Фрейман, Ю.А. Новые кормовые растения / Ю.А. Тупикова-Фрейман // Семеноводство. – 1931. – № 9–10. – С. 45–48.
137. Туркова, Е.В. Морфогенез галеги восточной в связи с продуктивностью / Е.В. Туркова // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений: материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 т. – Ульяновск, 2002. – Т. 1. – С. 318–321.
138. Утеуш, Ю.А. Введение в культуру новых кормовых растений на Украине / Ю.А. Утеуш // Новые культуры в народном хозяйстве и медицине: материалы науч. конф. – Киев: Наукова думка, 1976. – Ч. 2. – С. 6–8.
139. Утеуш, Ю.А. Новые перспективные кормовые культуры / Ю.А. Утеуш. – Киев: Наукова думка, 1991. – С. 10–17.
140. Утеуш, Ю.А. Критерии введения в культуру интродуцированных кормовых растений / Ю.А. Утеуш, А.А. Перепелица // Кормовые растительные ресурсы – фактор научно-технического прогресса в кормопроизводстве: тез. докл. Всесоюз. науч.-производ. конф. – Киев–Белая Церковь, 1989. – С. 3–4.
141. Федорова, А.К. Аминокислотный состав козлятника восточного и люцерны в условиях лесостепи Челябинской области / А.К. Федорова // Козлятник восточный – проблемы возделывания и использования: тез. докл. 1-го Всесоюз. науч.-производ. семинара. – Челябинск, 1991. – С. 27–28.
142. Федарук, А.Т. Фенетыка насаджэнняў дрэўных відаў у Беларусі / А.Т. Федарук // Вес. Беларус. дзярж. пед. ун-та. Сер. Біялогія. – 1996. – № 2(6). – С. 61–67.
143. Федорук, А.Т. Интродукционные популяции растений в Беларуси / А.Т. Федорук // Антропогенная динамика ландшафтов и проблемы сохранения и устойчивого использования биологического разнообразия: материалы респ. науч.-практ. конф. – Минск, 2001. – С. 53–55.
144. Флора СССР: в 30 т. / Акад. наук СССР. Бот. ин-т им. В.Л. Комарова. – М.–Л., 1934–1960. – Т. 11: Бобовые / ред. Б.К. Шишкин; сост.: Е.Г. Бобров [и др.]. – 1945. – С. 303–304.
145. Фомина, Л.И. Онтогенетическая изменчивость некоторых видов семейства Fabaceae на первых этапах развития / Л.И. Фомина // Биологическое разнообразие. Интродукция растений: материалы науч. конф. – СПб., 1995. – С. 177–179.
146. Харин, Н.Г. Сезонные явления природы: Методы фенологических наблюдений / Н.Г. Харин, А.А. Кирильцева, И.Г. Грингоф. – СПб., 1993. – С. 42–43.

147. Харкевич, С.С. Полезные растения природной флоры Кавказа и их интродукция на Украине / С.С. Харкевич. – Киев: Наукова думка, 1966. – 300 с.
148. Холопцева, Н.П. Биологические особенности и химический состав *Galega orientalis* Lam. при интродукции в Карелию / Н.П. Холопцева // Растительные ресурсы. – 1996. – Т. 32, № 1–2. – С. 73–80.
149. Хребтов, А.А. Новое кормовое растение – козлятник восточный (*Galega orientalis* Lam.) А.А. Хребтов // Социалистическое растениеводство. – 1933. – № 9. – С. 157–161.
150. Ценопопуляции растений: (очерки популяционной биологии) / Л.Б. Заугольнова [и др.]. – М.: Наука, 1988. – 182 с.
151. Черевко, М.В. Начальные этапы онтоморфогенеза козлятника восточного в условиях Львовской области / М.В. Черевко // Козлятник восточный – проблемы возделывания и использования: тез. докл. 1-го Всесоюз. науч.-производ. семинара. – Челябинск, 1991. – С. 5–7.
152. Шлык, А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев / А.А. Шлык // Биохимические методы в физиологии растений. – М.: Наука, 1971. – С. 154–170.
153. Яблоков, А.В. Введение в фенетику популяций: Новый подход к изучению природных популяций / А.В. Яблоков, Н.И. Ларина. – М., 1985. – 251 с.
154. Ярошевич, М.И. Галега восточная – перспективная кормовая культура / М.И. Ярошевич, Л.В. Кухарева, М.С. Борейша. – Минск: Навука і тэхніка, 1991. – 66 с.
155. Яртиева, Ж.А. Возделывание козлятника восточного на корм и семена в Нечерноземной зоне СССР: рекомендации / Ж.А. Яртиева, А.Г. Яртиев, А.М. Шагаров // Рекомендации Госагропрома СССР по внедрению достижений науки и практики в производство. – 1989. – № 12. – С. 37–49.
156. Aniszewski, T.A. Botanical characteristics and phenological development of *Galega orientalis* Lam. in the primeval forest zone of eastern Fennoscandia / T.A. Aniszewski, S.A. Drozdov, E.S. Kholoptseva // Aquilo Ser. Biol. – 1996. – Vol. 36. – P. 21–26.
157. Conrad, M. *Rosmarinus officinalis* d. en corse / M. Conrad // Monde Plant. – 1988. – Vol. 83. – P. 23–25.
158. Doyle, C.J. Milk from grass: an economic assessment of the potential of forage legumes for silage production in Northern Europe / C.J. Doyle, C.F.E. Topp, J.L. Durand // Multi function grasslands: quality forages, animal products and landscapes. Proceedings of the 19th General Meeting of the European Grassland Federation. La Rochelle. France. – 2002. – P. 1090–1091.

159. Drikis, J. Productive capacity of *Galega orientalis* Lam. grown in monoculture or with grasses / J. Drikis // Proceedings of the Latvian Academy of Science. Section B, Natural sciences. – 1994. – № 5/6. – P. 108–112.
160. Endo, Y. Cladistic analysis of phylogenetic relationships among tribes Cicereae, Trifolieae, and Vicieae (Leguminosae) / Y. Endo, H. Ohashi // Amer. J. Bot. – 1997. – Vol. 84, № 4. – P. 523–529.
161. Fairey, N.A. Cross-Canada comparison of the productivity of fodder galega (*Galega orientalis* Lam.) traditional herbage legumes / N.A. Fairey // Canad. J. Plant Science. – 2000. – Vol. 80, № 4. – P. 793–800.
162. Conrad, M. Rosmarinus officinalis d. en corse / M. Conrad // Monde Plant. – 1988. – Vol. 83. – P. 23–25.
163. Doyle, C.J. The economic opportunities for increasing the use of forage legumes in north European livestock systems under both conventional and organic management / C.J. Doyle, C.F.E. Topp // Renewable Agriculture and Food Systems. – 2004. – Vol. 19, Iss. 1. – P. 15–22.
164. Doyle, C.J. Milk from grass: an economic assessment of the potential of forage legumes for silage production in Northern Europe / C.J. Doyle // Multi function grasslands: quality forages, animal products and landscapes. Proceedings of the 19th General Meeting of the European Grassland Federation. La Rochelle. France. – 2002. – P. 1090–1091.
165. Drikis, J. Productive capacity of *Galega orientalis* Lam. grown in monoculture or with grasses / J. Drikis // Proceedings of the Latvian Academy of Science. Section B, Natural sciences. – 1994. – № 5/6. – P. 108–112.
166. Endo, Y. Cladistic analysis of phylogenetic relationships among tribes Cicereae, Trifolieae, and Vicieae (Leguminosae) / Y. Endo, H. Ohashi // Amer. J. Bot. – 1997. – Vol. 84, № 4. – P. 523–529.
167. Fairey, N.A. Cross-Canada comparison of the productivity of fodder galega (*Galega orientalis* Lam.) traditional herbage legumes / N.A. Fairey, L.P. Lefkovitch, B.E. Coulman // Canad. J. Plant Science. – 2000. – Vol. 80, № 4. – P. 793–800.
168. Fierro, A. Deinking sludge influences biomass, nitrogen and phosphorus status of several grass and legume species / A. Fierro // Canad. J. Soil Science. – 1997. – Vol. 77, № 4. – P. 693–702.
169. Ignaczak, S. Rutwica wschodnia (*Galega orientalis* Lam.) nowa motylkowa roslina pastewna / S. Ignaczak, W. Wojciechowska // Postery nauk rolniczych. – 1992. – № 4. – P. 21–22.
170. Halling, M.A. Nutritive quality of forage legumes grown in northern Europe / M.A. Halling // Multi function grasslands: quality forages, animal products and landscapes. Proceedings of the 19th General Meeting of the European Grassland Federation. La Rochelle. – 2002. – P. 126–127.

171. Jankeviciene, D. Ankstiniu zoliu rusiu derlingimo palyginimas ir issilaikymo trukme nukastoje zemapelkeje / D. Jankeviciene, L. Lukosevicius // Zemdirbyste (Mokslo Dorbai). – 1999. – № 5. – P. 120–131.
172. Jankeviciene, D. Cultivation of goat's rue on a cultivated low peat / D. Jankeviciene, L. Lukosevicius // Agriculture (Lithuania). Scientific article. – 1999. – Vol. 68. – P. 161–169.
173. Jarl-Sunesson, C.I. The dual function of chitinases in defense responses as well as during nodulation in legumes / C.I. Jarl-Sunesson, U. Troedsson, F. Anderson // Plant biotechnology 2002 and beyond: Proceedings of the 10th IAPTC and B congress. – Orlando, 2003. – P. 161–162.
174. Johansen, B.R. Galega as a fodder in Denmark / B.R. Johansen // Soil grassland animal relationships: Proceedings of 13th general meeting of the European grassland federation. – Banska Bystrica, 1990. – P. 413–415.
175. Josefsson, A.S. Getaert (*Galega orientalis* Lam.) – a crop for Swedish farmers? / A.S. Josefsson. – Uppsala, 1994. – 14 p.
176. Kaijalainen, S. Cloning of nodule – specific cDNAs of *Galega orientalis* / S. Kaijalainen, M. Schroda, K. Lindstrom // Physiologia plantarum. – 2002. – Vol. 114, № 4. – P. 588–593.
177. Kravale, D. Forage legume and legume-grass swards productivity and silage quality in Latvia / D. Kravale, A. Adamovich, O. Adamovicha // Multi function grasslands: quality forages, animal products and landscapes. Proceedings of the 19th General Meeting of the European Grassland Federation. La Rochelle. France. – 2002. – P. 434–435.
178. Laemmly, U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T 4 / U.K. Laemmly // Nature. – 1970. – Vol. 227. – P. 680–685.
179. Lattemea, P. Ensiling of fogger galega (*Galega orientalis* Lam.) / P. Lattemea, T. Kiisk, J.L. Durand // Multi function grasslands: quality forages, animal products and landscapes. Proceedings of the 19th General Meeting of the European Grassland Federation. La Rochelle. – France, 2002. – P. 212–213.
180. Lillak, R. Productivity of long-term forage legumes depending on growing conditions / R. Lillak, T. Laidna // Sodininkyste ir Darzininkyste. – 2000. – Vol. 19, № 3. – P. 62–72.
181. Lindstrom, K. Analysis of factors affecting in situ nitrogenese (C₂H₂) activity of *Galega orientalis*, *Trifolium pratense* and *Medicago sativa* in temperate conditions / K. Lindstrom // Plant and Soil. – 1984. – Vol. 79, № 3. – P. 329–341.
182. Lindstrom, K. Potential of the Galega - Rhizobium galegae system for oil-contamited soil / K. Lindstrom // Food Technology and Biotechnology. – 2003. – Vol. 41, № 1. – P. 11–16.

183. Lipsanen, P. Lipopolysaccharide and protein patterns of rhizobium sp. (Galega) / P. Lipsanen, K. Lindstrom // FEMS Microbiology Letters. – 1989. – Vol. 58. – P. 323–328.
184. Loid, H. The produktivity of Galega orientalis Lam. and its mixtures with tall grasses / H. Loid, R. Viiralt, N. Kabanen // Fodder galega orientalis Lam. research in Estonia (ed. by H. Nommsalu). – Saku: The Estonian Research Institute of Agriculture. – 1994. – P. 44–50.
185. Lunnan, T. Grass Galega mixturs – norwegian experiments / T. Lunnan // in Fodder galega orientalis Lam. research in Estonia / ed. by H. Nommsalu. – Saku: The Estonian Research Institute of Agriculture, 1994. – P. 54–55.
186. Mahadkar, U.V. Nitrogen nutrition of pulses. A review / U.V. Mahadkar, C.S. Saraf // J. Maharashtra Agric. Univ. – 1992. – Vol. 17, № 1. – P. 30–37.
187. Mäkäräinen, E. Rehuvuohenherneen viljelyominaisuudet ja käyttöarvo / E. Mäkäräinen, P. Kansanen, T. Korttesmaa, E. Varis // Biologisen typensidonnan ja ravinnetyypen hyväksikäytön projekti. – Helsinki, 1985. – 72 p.
188. Meripold, H. The dependence of fodder galega's seed yield on sowing rate and row space/ H. Meripold // Fodder galega orientalis Lam. research in Estonia / ed. by H. Nommsalu. – Saku: The Estonian Research Institute of Agriculture, 1994. – P. 32–34.
189. Metlitskaya, J. Initial material for breeding of goat's rue (Galega orientalis Lam.) / J. Metlitskaya // Fodder galega orientalis Lam. research in Estonia / ed. by H. Nommsalu. – Saku: The Estonian Research Institute of Agriculture, 1994. – P. 35–43.
190. Nissinen, O. Persistence and yield of forage legumes in Finnis grasslands / O. Nissinen // Multi function grasslands: quality forages, animal products and landscapes. Proceedings of the 19th General Meeting of the European Grassland Federation. La Rochelle. – France, 2002. – P. 456–457.
191. Nommsalu, H. The biochemical composition of goat's rue (*Galega orientalis* Lam.) variety «Gale» depending on the developmental stage and the time autumn cut: Abstract of Ph. D. Thesis. – Tartu, 1993. – 25 p.
192. Olejniczak, J. Rola i mozliwosci wykorzystania roslin alternatywnych na przykladzie krajow unii Europejskiej / J. Olejniczak, W. Rybinski // Przyrodnicza i gospodarcza rola roslin alternatywnych. – Warszawa, 1999. – S. 31–45.
193. Oshita, T. Chemical composition, characteristics of silage fermentation and nutritive value of galega / T. Oshita, K. Nonaka, S. Kume // Grassland Science. – 2002. – Vol. 48, № 5. – P. 428–432.
194. Radenovic, B. Galega (*Galega orientalis* Lam.) nova visegodisnja leguminozna i proteinska krmna biljka i njena uloga u razvoju poljoprivrede i turizma Jugoslavije / B. Radenovic // Ekonomika poljoprivrede. – 1996. – Vol. 43, № 4. – P. 411–418.

195. Radenovic, B. Investigation of main seed properties of fodder galega YU Margarita / B. Radenovic // The 3rd Yugoslav scientific-professional symposium on the selection and seed production / ed. V. Janjic. – Beograd, 2000. – P. 43.
196. Radenovic, B. Productivity and nutritive value of the perennial new protein fodder crop *Galega orientalis* Lam. variety “Gale” / B. Radenovic // Zemljiste Biljka. – 1994. – Vol. 43, № 1. – P. 53–56.
197. Tan, ZhiYuan. Rhizobium yanglingense sp. nov., isolated from arid and semiarid regions in China / ZhiYuan Tan // Intern. J. Systematic and Evolutionary Microbiology. – 2001. – Vol. 51, № 3. – P. 909–914.
198. Tas, E. Assessment of competitiveness of rhizobia infecting *Galega orientalis* on the basis of plant yield, nodulation, and strain identification by antibiotic resistance and PCR / E. Tas, P. Leinonen, A. Saano // Applied and Environmental Microbiology. – 1996. – Vol. 62, № 2. – P. 529–535.
199. Varis, E. Goat’s rue (*Galega orientalis* Lam.), a potential pasture legume for temperate conditions / E. Varis // J. Agric. Sci. in Finland. – 1986. – Vol. 58, № 2. – P. 83–101.
200. Virkajarvi, P. The effect of cutting times on goat's rue (*Galega orientalis* Lam.) leys / P. Virkajarvi, E. Varis // J. Agric. Sci. in Finland. – 1991. – Vol. 63. – P. 391–402.
201. Yaroshevich, M. Main research results of *Galega orientalis* Lam. in Byelorussia / M. Yaroshevich // Fodder galega orientalis Lam. research in Estonia / ed. by H. Nommsalu. – Saku: The Estonian Research Institute of Agriculture, 1994. – P. 60–61.
202. Zhang QingBin. Preliminary introduction study on *Galega orientalis* Lam. / QingBin Zhang, Yang ZhiZhong, Jia NaTi // Grassland of China. – 2001. – Vol. 23, № 4. – P. 17–20.

Научное издание

МОРОЗОВА Инна Михайловна

**ОСОБЕННОСТИ
МОРФОЛОГИИ И ПОЛИМОРФИЗМА
ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ**

Монография

Технический редактор

Г.В. Разбоева

Корректоры

Л.В. Моложавая

Т.В. Образова

Компьютерный дизайн

Е.А. Барышева

Подписано в печать 20.12.2022. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 6,10. Уч.-изд. л. 10,01. Тираж 60. Заказ 245.

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/255 от 31.03.2014.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.