

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ**

**ФГБНУ «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ ГОРНОГО И ПРЕДГОРНОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»**

# **МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР**

**Владикавказ, 2015**

**УДК 631.52:633.2/3**  
**ББК 41.3**

**МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР/  
Бекузарова С.А., Бораева З.Б., Гасиев В.И., Лущенко Г.В. –  
Владикавказ, 2015. – 43 с.**

**РЕЦЕНЗЕНТ:** доктор с.-х. наук, профессор, зав. кафедрой  
растениеводства Горского ГАУ **БАСИЕВ С.С.**

В работе приводятся основные методы селекции кормовых культур, в том числе клевера лугового, используемые для создания адаптивных, урожайных, долгодетных, зимостойких, иммунных сортов с высокой семенной продуктивностью.

Работа может быть использована в селекционной практике, а также студентами аграрных специальностей.

© СКНИИГПСХ, 2015

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР**

Территория России, простираясь с севера на юг и с запада на восток на тысячи километров, охватывает восемь основных природных зон (тундра, лесотундра, лесная, лесостепная, степная, полупустынная, пустынная, субтропическая) и несколько сотен сильно отличающихся друг от друга (по рельефу, историческому прошлому, климату, почвам, растительности, экономике и т.п.) природных районов. До сих пор существует очень мало культурных видов или еще недостаточно испытанных в культуре кормовых растений для освоения солонцов, солончаков, заболоченных земель, для тундры, лесотундры, полупустынь, пустынь, горных районов.

Для громадной территории России с широкой географической экологической гетерогенностью почвенно-климатической среды не может быть универсальных сортов, одинаково пригодных для всех природных зон, регионов и экологических условий. Виды и сорта кормовых растений должны обладать географической (климатической) и экологической приспособленностью, устойчивостью к комплексу абиотического и биотического стресса в определенных природных зонах. Нет сортов, которые могли бы с равным успехом использоваться во всех природных зонах и экологических условиях [37].

Наряду с естественной географической и экологической гетерогенностью природных условий экологическая деградированность земель также диктует необходимость внесения изменений в селекционную стратегию кормовых растений.

Деградация почв в широких масштабах, разрушение пастбищных экосистем, загрязнение сельскохозяйственных земель вызвали ухудшение состояния природных ресурсов в сельском хозяйстве. Большой вред нанесла сельскому хозяйству и природным ресурсам России антиэкологическая водная мелиорация, которая привела к засолению почв и деградации сельскохозяйственных земель. В результате возникла проблема снижения энергетической эффективности сельскохозяйст-

венного природопользования: при прочих равных условиях дополнительное увеличение вложений энергии дает более низкий эффект, чем ранее затраченная энергия, которая даже переходила в форму отрицательной энергии и разрушения почв и кормовых угодий.

Неудовлетворительное состояние экосистем диктует необходимость организации на этих землях адаптивных кормовых агрофитоценозов и агроэкосистем, что предопределяет обоснование новой селекционной стратегии и диктует необходимость создания климатически и экологически дифференцированных сортов кормовых растений.

Сорт является элементарной биотической структурной единицей, предопределяющей возможности конструирования адаптивных агрофитоценозов. Сорт определяет продуктивность и устойчивость агрофитоценоза. Из сказанного вытекает важнейший вывод: именно с помощью сорта удастся решить основные экологические и продукционные проблемы в кормопроизводстве: устойчивую продуктивность по годам, обеспечение ресурсо- и энергоэкономичности, экологически безопасное производство высококачественного корма при сохранении оптимальных экологических параметров окружающей среды. Согласно А. Д. Жученко (2004) [7] доля реализованной урожайности сельскохозяйственных культур составляет 20-30% от потенциальной. Основные причины этого явления кроются в низкой, нереализованной продуктивности сортов сельскохозяйственных культур, в несбалансированности системы организм-среда, что выражается в снижении устойчивости интенсивных сортов и неоптимальности условий среды, которые лимитируют реализацию потенциальной продуктивности растений.

Необходимость устойчивого развития сельского хозяйства, в частности кормопроизводства, предопределяет необходимость изменения целей селекции, расширение спектра селекционных задач, разработки эколого-эволюционных подходов и адаптивных методов селекции, ориентированных на создание системы географически и экологически дифференцированных сортов кормовых культур, более полно

утилизирующих наличные материально-энергетические ресурсы среды каждой зоны, природной области и урочища.

Н. И. Вавилов (1932) на объединенном заседании Академии наук СССР, коммунистической академии и ВАСХНИЛ, посвященном памяти Ч. Дарвина, отмечал: «Вся исследовательская работа с растениями и животными должна быть пронизана идеями эволюционизма, ибо только на базе их возможно овладение организмами» [4].

Н. И. Вавилов вводит проблему видообразования в качестве исследовательской задачи селекции. В свою очередь это предопределило выбор им в качестве теоретической основы селекции теорию эволюции. Последовательно и настойчиво Н. И. Вавилов утверждал идеал селекции как эволюционной дисциплины. «Самую селекцию с полным правом можно рассматривать, – по словам Н. И. Вавилова, – как эволюцию, направляемую волей человека» [4].

В современную эпоху всевозрастающего давления антропогенной нагрузки, широкомасштабной деградации биосферы возрастает необходимость создания климатически и экологически дифференцированных сортов кормовых растений – элементарных биотических структур для монтажа адаптивных, устойчиво и продуктивно функционирующих кормовых агрофитоценозов и агроэкосистем.

Эту задачу фундаментальной важности способна решить селекция кормовых растений, основанная на эколого-эволюционных, биогеоценотических принципах

В отличие от традиционной (технократической) селекции, ориентированной преимущественно на повышение продукционного потенциала кормовых растений, адаптивная система селекции, основанная на эколого-эволюционных, биогеоценотических принципах, направлена на создание системы географически и экологически дифференцированных сортов кормовых растений, которые за счет повышения запаса адаптивного потенциала и увеличения устойчивости к экстремальным факторам среды могут формировать стабильно высокие урожаи кормовой массы и семян при

невысоких энергозатратах освоить новые эдафические, климатические и фитоценотические ниши.

Этот подход вбирает в себя основные научные положения синтетической теории эволюции и является составной частью теории адаптивной системы растениеводства А. А. Жученко (1990), научный фундамент этих теорий был заложен трудами многих отечественных и зарубежных ученых, в частности фундаментальными ботанико-географическими и эколого-генетическими исследованиями Н. И. Вавилова (1965, 1987), итальянского агроэколога Дж. Ацци (1959), и которые получили в последние годы успешное развитие и всестороннее теоретическое и методологическое обоснование в работах [4, 7].

Селекции кормовых растений, чтобы стать истинной наукой и эффективной селекционной технологией, необходимо стать более междисциплинарной, более эволюционной, более эколого-генетической, более физиологической. Эколого-эволюционные подходы адаптивной селекции и новые приоритеты в селекционной стратегии кормовых растений были рассмотрены и одобрены на заседании Президиума Россельхозакадемии 18.01.1996 г.

Стратегическая обоснованность и плодотворность этого подхода в селекции кормовых культур, его эволюционная обусловленность были подтверждены на 22-ой Международной конференции Европейского Союза селекционеров (EUCARPIA), посвященной обсуждению новых подходов и методов в селекции кормовых культур и ландшафтных трав в октябре 1999г. в Санкт-Петербурге. Свидетельством этому явилось формирование в составе конференции EUCARPIA специальной секции под названием «Эколого-эволюционные подходы к селекции Практическая реализация этой стратегии обеспечивает раскрытие и более полное использование биологического потенциала всего родового комплекса и видо-популяционных ресурсов, а также способствует мобилизации естественной энергии, заключенной в самих растениях, накопленных в результате филогенетической и онтогенетической адаптации растительных организмов.

Каковы способы реализации этого подхода, методы решения фундаментальных селекционных задач, вытекающих из эколого-эволюционных биогеоценотических представлений?

Парадигма эколого-эволюционного биогеоценотического подхода в адаптивной селекции кормовых растений сформирована в результате использования результатов фундаментальных исследований в области биологических и сельскохозяйственных дисциплин и итогов развития самой селекционной науки.

Теоретические изыскания и опыт практической работы научных учреждений Россельхозакадемии, в частности ВНИИ кормов имени В. Р. Вильямса, в последние годы показывают, что реализация новой селекционной стратегии может быть успешно осуществлена на основе разработки и освоения в селекционной практике принципов и методов фитоценотической, экотипической, эдафической, симбиотической и совершенствования существующих методов полиплоидной, мутационной, клеточной селекции и отдаленной гибридизации.

До недавнего времени (до середины 80-х годов прошлого столетия) селекция кормовых растений преимущественно была направлена на повышение их кормовой и семенной продуктивности, копируя и подражая во многом принципам селекции зерновых и масличных культур. Между тем селекция кормовых растений принципиально отличается от селекции зерновых и масличных культур. Если успехи селекции зерновых и масличных культур связаны преимущественно с перераспределением ассимилятов в пределах растительного организма (от листьев, стеблей, колосовидных чешуй в зерно и масло семян), у кормовых трав объектом селекции является фитомасса растения. Рост общей фитомассы растений имеет много объективных биологических и экологических ограничителей. Генеральной задачей селекции кормовых растений наряду с сохранением и повышением кормовой продуктивности является увеличение их устойчивости к абиотическим стрессам – зимостойкости, кислотоустойчивости к абиотическим стрессам – зимостойкости, кислотоустойчивости, засухо- и солеустойчивости,

почвенному переувлажнению и биотическим факторам – патогенам, фитоценотической среде (Кормопроизводство., 2007).

Решение этих вопросов связано с использованием огромных селекционных резервов и ресурсов заложенных в эколого-эволюционном, биогеоценотическом подходе, когда в селекционном процессе используются взаимовыгодные мутуалистические взаимодействия между экологически различающимися растительными организмами, между растительными организмами и микроорганизмами, которые вызывают эмерджентный эффект.

В этом контексте весьма актуальным в селекции кормовых растений является решение вопросов эффективной фиксации атмосферного азота на основе симбиоза бобовых и злаковых трав с клубеньковыми и ризосферными бактериями и фосфатмобилизующими микоризными грибами.

Эти факты, явления и проблемы, возникшие и возникающие в ходе развития селекционной науки на базе использования достижений фундаментальной биологии, с одной стороны, и нарастания антропогенной нагрузки на агроландшафты, приведшие к их деградации и опустыниванию, с другой, предопределили необходимость смены парадигм в селекционной стратегии кормовых растений [37].

Симбиотическая селекция – основополагающий аспект реализации новой парадигмы в селекционной стратегии кормовых растений. Огромные селекционные резервы и ресурсы заложены в биогеоценотическом подходе, когда в селекционном процессе используются взаимовыгодные мутуалистические взаимодействия между растительными организмами и микроорганизмами.

Расшифровка генетики симбиоза, установление симбиогенетики как науки во многом благодаря работам ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, с одной стороны, и развитие биогеоценологии, формирование учения о консорциях, получивших теоретическую и экспериментальную разработку в работах В. Н. Сукачева, Л. Г. Раменского, А. Н. Беклемишева, Т. А. Работнова, Б. М. Миркина, с другой, а также накопление



знаний по экологии и генетике макросимбионтов – селективируемых видов кормовых растений позволили разработать методы симбиотической селекции и создание сортомикробных консортивных систем кормовых культур, способных к повышению фиксации атмосферного азота и активизации фосфатмобилизующей способности.

В этом отношении достаточно плодотворным оказался консорционный подход к селекции кормовых растений. Представление о консорциях, одновременно и независимо друг от друга, в их современном понимании было введено в науку В. Н. Беклемишевым (1951) и Л. Г. Раменским (1952).

Л. Г. Раменский о консорциях писал: «Анализируя биоценозы в аспекте обмена веществ, мы легко придем к выводу, что помимо синузиев и общеизвестных цепей питания, целесообразно выделить в ценозах также сочетание разнородных организмов, тесно связанных друг с другом в их жизнедеятельности известной общностью их судьбы (консортивные группы или консорции), без выделения и изучения консорций наше знание биоценозов не будет полным и законченным» (Раменский, 1952).

Следующий крупный шаг в разработке проблемы консорций был сделан В. В. Мазингом (1966), который дал графическую схему структуры консорции и предложил соответствующие термины. В результате работ этого автора создалось представление о консорции как о структуре, состоящей из автономного детерминанта (фитоценотической популяции автотрофного растения) и связанных с ним организмов, образующих концентры.

Важный аспект мобилизации биологических резервов селекции – это развитие принципов симбиотической селекции кормовых растений на повышение эффективности их симбиоза с клубеньковыми бактериями и микоризными грибами.

Как известно, бобово-ризобияльный симбиоз – это следствие эволюционной деятельности бобовых растений и клубеньковых бактерий, результат сопряженного естественного отбора в процессе их исторического развития. Эти эколого-эволюционные представления определяют новые,

биогеоценотические подходы в селекции бобовых на повышенную азотфиксирующую способность как задачу параллельной, одновременной, сопряженной селекции бобовых растений и бактерий ризобиума [37].

По мнению академика И. А. Тихоновича (2000), до недавнего времени исследования по повышению эффективности микробнорастительных симбиозов являлись монополией микробиологов. Во многих научных учреждениях были собраны обширные коллекции симбиотических микроорганизмов, разработаны способы их выделения и хранения, созданы технологии производства биопрепаратов и их использования. Однако эти работы долгое время проводились изолированно от генетического анализа и селекции растений и в результате роль растения-хозяина в формировании симбиозов недооценивали, а селекцию растений на повышение отзывчивости на инокуляцию не проводили.

На основании полученных результатов было сделано заключение, что эффективность симбиоза не является функцией только растительного или только микробного генотипа. Характер взаимодействия зависит от совместимости генов партнеров, и поэтому селекция на повышение симбиотической эффективности должна быть направлена на создание высоко комплементарных комбинаций генотипов макро- и микросимбионта. Из этого следует важный вывод о том, что для существенного повышения интенсивности азотфиксации необходимо сделать объектом селекционной работы симбиотическую систему как единое целое.

ВНИИ кормов совместно с ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии ведут исследования по широкой комплексной программе в направлении создания комплементарных пар «штамм-растение» с эффективным симбиозом для специфических почвенно-климатических условий каждой природной зоны России [1, 13, 37].

Во ВНИИ кормов разработан способ создания исходного и селекционного материала люцерны с повышенной азотфиксирующей способностью. Способ основан на двукратном отборе растений люцерны, отличающихся

конкурентной способностью, продуктивностью фитомассы, хорошо развитым симбиотическим аппаратом и скороспелостью. Основными критериями при отборе служат конкурентная и азотфиксирующая способность генотипов люцерны.

Практическим следствием исследований по повышению эффективности симбиотической селекции являются новые сорта люцерны Пастбищная 88, клевера Марс, Ранний 2, эффективно сопрягающихся с серией специфичных рас клубеньковых бактерий, обеспечивающих повышение продуктивности в сухом веществе на 20-33,4%, увеличение сбора протеина на 19-44,6% по сравнению с естественным микробиологическим фоном почв [37].

Следующий важнейший резерв биогеоценотического подхода в селекции кормовых растений – использование ризосферных азотфиксирующих бактерий. Дело в том, что наряду с симбиотически функционирующими клубеньковыми бактериями существует много свободно живущих азотфиксирующих микроорганизмов. Функции ризосферных азотфиксаторов в консорционных взаимодействиях многообразны. Функции ризосферных азотфиксаторов в консорционных взаимодействиях многообразны – это фиксация атмосферного азота, улучшение питания растений за счет повышения коэффициента использования минерального азота почв, синтеза биологически активных веществ, повышение устойчивости растений к действию патогенов и абиотическим стрессам [28].

По данным Всероссийского НИИ сельскохозяйственной микробиологии в настоящее время путем направленного выделения и изменения микроорганизмов созданы штаммы ризосферных азотфиксирующих бактерий с измененной системой узнавания, способных исключить неэффективную микрофлору из взаимодействия с растениями и осуществлять фиксацию азота в ризосферных небобовых растениях. На основе знания популяционных закономерностей взаимодействия различных видов и рас микроорганизмов между собой и микроорганизмами и растениями создано новое поколение

биопрепаратов для небобовых культур, оказывающих комплексное действие на растительные организмы [12].

В селекционных программах по кормовым культурам способность небобовых кормовых растений к фиксации атмосферного азота, как правило, не учитывается. Это объясняется тем, что генетическая детерминация растениями процесса азотфиксации в настоящее время еще мало изучена. Исследования, проведенные на ржи, показали, что существует сортовая варибельность злаковых трав по способности к ризосферной азотфиксации, и уровень азотфиксирующей способности растений определяется как генотипом растений, так и влиянием среды на проявление способности растений контролировать активное функционирование азотфиксирующего комплекса с ризосферными микроорганизмами. Диапазон внутрисортовой изменчивости по способности ризосферной (ассоциативной) азотфиксации довольно широк. Например, по данным Института сельскохозяйственной микробиологии УААН, различия и уровни нитрогеназной активности между семьями у ржи составили 270%.

Накопленные данные позволяют заключить, что небобовое растение обладает достаточно высоким азотфиксирующим потенциалом и важнейшей задачей современной науки является наиболее полное использование этого биоценотического резерва на основе разработки эффективных методов сопряженной селекции небобовых кормовых растений и ризосферных микроорганизмов.

Во ВНИИ кормов развернуты совместные с ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии селекционные работы по ассоциативной селекции, направленные на создание сортов костреца безостого, райграса пастбищного, тимopheевки луговой с повышенной азотфиксирующей способностью во взаимодействии с ризосферными микроорганизмами [1, 14, 35].

Биогеоценотические резервы селекции не исчерпываются разработкой методов симбиотической и ризосферной селекции. Здесь еще неиспользованный резерв – это потенциал консортивных связей кормовых растений и микоризо-

образующих грибов. Это явление широко распространено в растительном мире.

В России и ближнем зарубежье из 3425 изученных видов высших растений микоризу имели 79,1% [35]. Сходные данные получены для британской флоры: из 1120 изученных видов микориза обнаружена у 903 (80,4%) [23]. В результате экспериментального изучения взаимоотношений между растениями и микоризообразующими грибами установлено благоприятное влияние микоризообразующего гриба на растение. Выявлено положительное влияние грибного симбионта на поглощение из почвы элементов минерального питания, особенно фосфора, а также благоприятное воздействие на водный режим растений.

Работами Всероссийского НИИ сельскохозяйственной микробиологии РАСХН созданы штаммы микоризных грибов с высокой фосфатомобилизующей активностью. Необходимо вести сопряженную селекционную работу по созданию сортов кормовых культур с повышенной фосфатмобилизующей способностью. Создание сортов кормовых культур с микоризными грибами обеспечивает мобилизацию труднодоступных фосфатов, равных внесению 40-60 кг  $P_2O_5$  на 1 га [12].

Фитоценотическая селекция – существенная часть реализации новой парадигмы в селекционной стратегии кормовых растений. Необходимость развития этого подхода в селекции определяется биологическими особенностями многолетних трав и характером их хозяйственного использования. Сорты многолетних трав должны быть приспособлены к условиям сомкнутого травостоя кормовых агроэкосистем, к длительному использованию (5-10 и более лет), постоянному нарушению роста и развития растений пастьбой скота и скашиванием.

В этой связи в селекции кормовых трав должны быть особые подходы в отличие от селекции зерновых и масличных культур. Один из перспективных подходов в селекционной стратегии – это фитоценотический подход, ориентированный на использование фитоценотических эффектов, возникающих в процессе взаимодействия разных видов, либо разных генотипов

в процессе формирования кормовых агрофитоценозов и агроэкосистем [1, 14].

Уровень фенотипического проявления продуктивности растений обусловлен не только генотипом организма, но и окружающими его генотипами. Поэтому продуктивность является следствием взаимодействия разных генотипов в пределах вида и между разными видами, входящими в состав кормового агрофитоценоза. Отсюда продуктивность является групповым (фитоценотическая селекция) признаком (Малецкий, 1982), признаком биоценотической системы, а не отдельного растительного организма.

Согласно Е.Н. Синской (1948, 1961), при реализации генетических потенций продуктивности отдельное растение теряет свое самостоятельное значение. Поэтому отбор высокопродуктивных форм необходимо вести в условиях смешанного посева – в фитоценотических селективных средах разной степени напряженности.

До недавнего времени в селекционной практике процесс создания, формирования и оценки сортов кормовых культур нередко осуществлялся в чистых, одновидовых посевах в условиях монокультуры и отсутствия межвидовой конкуренции и, следовательно, сорта формировались с ослабленной конкурентной способностью и в этой связи не способные в полной мере реализовать свой адаптивный и продуктивный потенциал [37].

Между тем имеются основательные естественно-научные предпосылки для разработки принципов и методов фитоценотической селекции кормовых культур. К ним следует отнести учение о фитоценозах, биогеоценозах, о типах адаптивной стратегии экотипически-популяционной организации видов растений.

Идеи и принципы фитоценологии не получили в должной мере практической ассимиляции в научной и практической селекции, хотя до сего времени большинство создаваемых сортов функционально предназначены для строительства адаптивных конструкций кормовых агрофитоценозов.

Современная теория экологии утверждает, что оптимизированная продуктивность и устойчивость агрофитоценозов, включая устойчивость растений к болезням и вредителям, могут быть обеспечены при создании фитоценотически сбалансированных кормовых агроэкосистем, организованных из смеси экологически и биологически различающихся видов и сортов по аналогии естественных зональных типов биогеоценозов.

Селекционный центр ВНИИ кормов эту задачу успешно решает в рамках разрабатываемой концепции и методов фитоценотической селекции. Именно на принципах фитоценотической селекции создан новый сорт люцерны изменчивой Луговая 67. Это первый фитоценотически наиболее продвинутый сорт, пригодный для организации многокомпонентных люцерно-злаковых агрофитоценозов. Сорт обеспечивает получение в условиях центра Нечерноземья 10-12 тонн сухого вещества и до 2,5 тонн белка с 1 га. Но главная черта данного сорта – это его фитоценотическое долголетие [1, 14, 37].

Бобовый компонент в травосмеси сохраняется на 4-5 год пользования на уровне 40-45%. Такое долголетие люцерны в травосмеси влияет на количество биологического азота, полную утилизацию накопленного в почве азота, предупреждая утечку его в грунтовые почвы, позволяя максимально проявиться среднеобразующей функции многолетних трав в сельскохозяйственных агроэкосистемах. Подобные исследования успешно проводятся по клеверу, вике, злаковым травам и кормовым галофитам. Для полупустынных земель Всероссийским НИИ кормов совместно с Калмыцким НИИ сельского хозяйства отобраны 15 видов и созданы первые сорта кормовых кустарников, полукустарников и трав разной фитоценотической специализации [1, 14, 37].

Фитоценотическое направление исследований в селекции кормовых растений пока ведется в ограниченном числе селекционных научных учреждений России. Учитывая исключительную научную актуальность и практическую значимость создания сортов с повышенной виолентностью

(конкурентоспособностью) и фитоценотической совместимостью, целесообразно расширение и углубление исследований по фитоценотической селекции как составной части биогеоценотического подхода в селекции. В селекционных программах с кормовыми культурами в системе Россельхозакадемии необходимо предусмотреть проведение широкомасштабных фундаментальных исследований по усовершенствованию принципов и методов фитоценотической селекции и созданию системы фитоценотически ориентированных сортов клевера, люцерны, однолетних бобовых культур, многолетних злаковых трав и аридных кормовых растений для формирования самоподдерживающихся кормовых агрофитоценозов и агроэкосистем [1, 14].

В СКНИИГПСХ разработаны методы фитоценотической селекции клевера лугового, которые заключаются в том, что на первых этапах изучения исходного материала образцы изучают в совместных посевах с тимофеевкой, фестулолиумом и черноголовником, отбирая наиболее устойчивые в совместных посевах (патенты №2511299, выдан 10.04.2014 г., №2476064, выдан 27.02.2013 г., №2425476, выдан 10.08.2011 г.; поданы заявки на изобретения: 1) Способ повышения семенной продуктивности клевера лугового № 2015137686 приоритет 03.09.2015 г., 2) Способ снижения твердости семян бобовых трав. №2015120383 приоритет 28.05.2015 г.).

Эдафическая селекция – важная составляющая реализации новой парадигмы в селекционной стратегии кормовых растений. Эколого-эволюционный, биогеоценотический подход, кроме перечисленных выше аспектов селекции, предполагает развитие селекционных технологий по эдафической селекции и созданию серии сортов кормовых растений, способных нормально функционировать и продуцировать в условиях кислой и засоленной почвенной среды.

Необходимость разработки принципов и методов эдафической селекции в рамках биогеоценотического подхода обусловлена тем, что из 213 млн. га имеющихся в Российской Федерации сельскохозяйственных угодий около 50 млн. га



имеют избыточную кислотность, 40 млн. га засолены, 38 млн. га переувлажнены и заболочены, а более 50 млн. га страдают от недостатка влаги. Такое состояние сельскохозяйственных земель диктует необходимость разработки принципов и методов эдафической селекции и создание системы эдафически дифференцированных сортов кормовых растений, способных продуктивно освоить земли в районах с дестабилизированной экологической средой и экстремальными физико-географическими условиями.

В рамках идеологии эдафической селекции селекционная работа ориентирована на разработку методов эдафической селекции и создание сортов многолетних трав с высокой продуктивностью и повышенной средообразующей функцией для районов с преобладанием кислых почв и ограниченными тепловыми ресурсами.

Необходимость развития этого направления селекции обусловлена тем, что большая часть территории России характеризуется дестабилизированной экологической средой и экстремальными экологическими режимами, где одни факторы находятся в избытке, другие – в дефиците. Территории Российской Федерации, расположенные к северу от 40-45 параллели северной широты, характеризуются сравнительно холодным климатом и промывным типом водного режима почв на повышенных равнинах и заболачиванием в депрессиях и низменностях. Этими обстоятельствами объясняется образование колоссальной по своей протяженности и площади, так называемой Нечерноземной зоны Российской Федерации, охватывающей большое разнообразие кислых, бедных подзолистых почв, избыточно переувлажненных, заболоченных земель и болот.

Во ВНИИ кормов развернуты исследования по созданию системы сортов кормовых культур, устойчивых к избыточно кислым почвам и токсичности алюминия. Создан сорт клевера лугового Топаз, успешно произрастающий в условиях повышенной кислотности почвы на уровне pH 4,5-4,8. По культуре люцерны изменчивой создан сорт Селена,

формирующий на кислых почвах (при рН даже ниже 4) 9,5-11,5 ц/га [1, 14, 37].

Второе направление эдафической селекции – это создание системы солеустойчивых сортов кормовых галофитов. Работы, проводимые в этом направлении ВНИИ кормов совместно с Калмыцким НИИ сельского хозяйства, увенчались отбором гильдии взаимодополняющих друг друга по эколого-биологическим характеристикам кормовых видов галофитов [1, 14, 35, 37].

Необходимость развития этого направления селекции определяется тем, что в другой, южной части Российской Федерации, сосредоточены аридные территории, где господствует сухой, засушливый, жаркий климат в весенне-летний и осенний периоды, где годовая сумма осадков находится в пределах 180-350 мм, а испаряемость составляет 800-1700 мм. В силу этих причин в аридных районах доминирует постоянный дефицит влаги, и преобладают процессы прогрессирующего засоления почв [23].

Важным направлением является создание сортов для горных сенокосов и пастбищ с высокой адаптацией к резким перепадам температур днем и ночью.

Галофиты, орошаемые соленой водой, включая воды Каспия, формируют 10 т/га и более сена. В критические периоды содержания многомиллионного поголовья овец на Черных землях и Кизлярских пастбищах сено, заготовленное из кормовых галофитов и солончакового пырея – это важный источник кормообеспечения животных. С помощью этих видов освоено более 300 тыс. га нарушенных пастбищных угодий и засоленных земель в Астраханской области, республиках Калмыкия и Дагестан.

Экотипическая селекция – составная часть эволюционно обусловленной реализации новой парадигмы в селекционной стратегии кормовых растений. Существенная часть новой парадигмы в современной селекционной стратегии – это развитие принципов и методов экотипической селекции кормовых растений. Необходимость разработки данного подхода диктуется тем, что адаптивная организация кормовых

экосистем в региональных системах кормопроизводства должна базироваться на элементарных адаптивных системах. Такой элементарный биотической структурой является для дикорастущих видов экотип для культурных – агроэкотип. Отсюда вытекает объективная необходимость знания экологических основ дифференциации вида с расчленением его на климатические, эдафические, пастбищные экотипы, популяции.

Учение об экотипах было заложено Г. Турессоном в начале 30-х годов и получило дальнейшее экспериментальное обоснование и теоретическое развитие в серии исследований Е.Н. Синской (1948). Согласно этому учению экотип – это комплекс генетических форм, одинаково приспособленных к условиям существования на его родине. Такая экологическая адаптивность основана на целесообразных приспособленных реакциях данных генетических форм на те условия, в которых этот экотип отбирался и сформировался. Экотипы, сформированные в процессе эволюции того или иного вида, имеют разный спектр норм реакций, следовательно, разный адаптивный характер признаков по отношению к факторам среды, и следовательно, неравноценный адаптивный потенциал. Установление характера норм реакций по отдельным признакам или комбинациям признаков, оценка их диапазона в экстремальных условиях – ключ к выявлению продуктивного и адаптивного потенциала отборных экотипов кормовых растений.

Знание и использование принципов экотипической организации видов, исходя из политипической концепции биологического вида Н.И. Вавилова (1931), учения Е.Н. Синской (1948) об экотипах, а также применение метода мезоструктурного анализа фотосинтетического аппарата, развитых в работах школы академика А.Т. Мокроносова, позволили обосновать принципы и методы экотипической селекции.

Выделенные экотипы – это один из видов группового отбора кормовых растений по экотипическим признакам. Выделенные экотипы кормового растения, сложившиеся в

природе и сформированные в ходе микроэволюционного процесса, обладающие исключительными адаптивными и продуктивными характеристиками в местных условиях, могут быть улучшены дальнейшим отбором.

Многолетние исследования, выполненные с кормовыми культурами, позволили выявить широкий экотипический полиморфизм местных популяций клевера, люцерны, многолетних злаковых трав и аридных растений. На основе использования экотипов создано около 50% селекционных сортов клевера, почти все сорта аридных растений.

Созданы сорта кормовых культур нового поколения, обладающие специфическими признаками – повышенной симбиотической азотфиксацией, устойчивостью к кислотности почвы, болезням и т.д. Сорта кормовых растений отечественной селекции не уступают лучшим зарубежным сортам по продуктивности, а по таким важнейшим характеристикам как зимостойкость, эдафическая устойчивость (к кислотности и засоленности) и фитоценотическая совместимость (в травосмесях) превосходит зарубежные сорта. Это позволяет более полно использовать природно-климатические и ресурсные возможности сельского хозяйства регионов в развитии полевого травосеяния и лугопастбищного хозяйства.

Опираясь на достигнутые результаты и накопленный селекционный задел и с учетом достижений фундаментальной биологии, обоснована новая селекционная парадигма на биогеоценологических принципах в полном согласии с адаптивной системой растениеводства и адаптивной системой селекции и семеноводства кормовых растений.

Биогеоценологическая селекционная парадигма означает более полное экологически, физиологически, генетически и фитоценологически обоснованное использование биогеоценологических ресурсов и создание системы географически и экологически дифференцированных сортов кормовых растений для устойчивого развития жизнеспособного сельского хозяйства.

Новая парадигма в селекционной стратегии, заменившая традиционную селекционную парадигму, ориентированную

преимущественно на повышение потенциальной продуктивности, направлена на использование ресурсов и резервов биогеоценотического подхода в селекции кормовых растений.

Биогеоценотический подход использует следующие селекционные резервы и ресурсы:

1. Использование взаимодействия видовых и популяционных структур кормовых растений. Современная фитоценология утверждает, что взаимодействие между растительными организмами носит конкурентный, индифферентный и мутуалистический (взаимовыгодный) характер. Взаимовыгодные ресурсы использует фитоцено- тическая селекция.

2. Селекционные резервы растительно-микробных взаимодействий. Это касается, прежде всего, симбиотической, сопряженной селекции генотипа бобовых растений и клубеньковых бактерий. Здесь для существенного повышения интенсивности симбиотической азотфиксации необходимо сделать объектом селекции всю симбиотическую систему – генотип микросимбионта и макросимбионта.

3. Использование взаимодействия фототрофных небобовых растений и ризосферных азотфиксирующих микроорганизмов. При этом наряду с фиксацией азота происходят синтез биологически активных веществ, повышение устойчивости растений к действию патогенов и абиотическим стрессам. Эти ресурсы являются базой для развертывания принципов и методов ризосферной селекции кормовых растений.

4. Биогеоценотические резервы селекции не исчерпываются развитием методологии симбиотической и ризосферной селекции. Здесь в биогеоценотическом подходе неиспользованный резерв – потенциал консорционных связей кормовых растений и микоризообразующих грибов. Грибной симбионт обеспечивает мобилизацию труднодоступных фосфатов, равных внесению 40-60 кг/га  $P_2O_5$ . Отсюда необходимость разработки методов сопряженной селекции кормовых растений и

эндомикоризных грибов и создание сортомикробных систем с высокой фосфатмобилизующей активностью.

5. Экотип является элементарной биотической структурной единицей это существенный резерв в биогеоэкологическом подходе селекционной стратегии. Использование экотипов – основа развития принципов и методов экотипической селекции.

Учитывая современные методы селекции кормовых культур, нами предложены ряд приемов, характеризующих подбор исходного материала из дикорастущих видов горных фитоценозов, обладающих высокой адаптацией, долголетием и устойчивостью к комплексу болезней и вредителей. Исследования ученых лаборатории селекции и семеноводства состоят из стратегического направления – создания новых сортов для деградированных сенокосов и пастбищ, нарушенных под действием множественных антропогенных и зоогенных факторов, главными из которых является интродукция и реинтродукция.

## **МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО**

Сохранение и повышение плодородия почв как основа высокоэффективного и устойчивого производства продукции растениеводства является одной из основных задач земледелия. В решении этой проблемы ведущая роль принадлежит кормовым травам, в частности, клеверу луговому.

Клевер луговой – важная культура для сельского хозяйства не только как источник высокопитательного корма, но и как восстановитель почвенного плодородия почвы. Клевер улучшает структуру почвы и её физические и химические свойства, обогащает её азотом. Клевер – прекрасный предшественник для хлебных и технических культур.

Требования, предъявляемые сельскохозяйственным производством – многоукосное использование клевера в полевом травосеянии, подсев на естественных кормовых угодьях для улучшения травостоев сенокосов и культурных пастбищ, приготовление травяной муки, вызывают необходимость создавать новые сорта, отвечающие этим требованиям.

До начала селекционных работ с клевером луговым посеvy этой культуры осуществлялись семенами, представляющими собой местные популяции, сформировавшиеся в различных почвенно-климатических условиях. Наряду с положительными качествами они имели и ряд недостатков: низкая кормовая и семенная продуктивность, высокая полегаемость, позднеспелость [22]. Селекционерами созданы замечательные сорта этой культуры, характеризующиеся ценными хозяйственно-биологическими признаками и приспособленные для возделывания в различных почвенно-климатических зонах. Использование в производственных условиях новых сортов клевера лугового позволяет увеличить урожайность этой культуры на 20-30% без вложения дополнительных средств [9, 10].

В связи с наблюдающими в последнее время изменениями климата в России возрастает количество экстремальных метеорологических факторов (засухи, рост среднегодового количества осадков и увеличение частоты наводнений), которые наносят существенный ущерб сельскому хозяйству. На фоне меняющегося климата возрастает вирулентность возбудителей болезней. В этих условиях односторонняя селекция на продуктивность сельскохозяйственных растений, как правило, снижает их приспособленность к климатическим условиям и уменьшает экологическую пластичность. Поэтому новые селекционные сорта должны обладать широкой приспособленностью к биотическим и абиотическим факторам среды и способностью давать высокие урожаи в меньшей зависимости от метеорологических условий года [20, 24].

При выведении новых сортов клевера лугового использовались различные методы, зависящие от целей, задач селекции используемого исходного материала [11].

**Отбор** является одним из основных методов селекции растений. Применяемый самостоятельно или в сочетании с другими методами, он позволяет создавать сорта с определёнными признаками и свойствами. С древнейших времён человек отбирал растения с ценными для него

признаками, тем самым изменяя морфологию и хозяйственные показатели растений, формируя новые разновидности и формы сельскохозяйственных культур. Накапливающее действие искусственного отбора, осознанно проводимого человеком, позволяет добиться нужного сочетания признаков в создаваемых сортах [28].

Эффективность отбора зависит от степени гетерозиготности исходного материала. Чем больше генов определяют конкретный хозяйственный признак, к примеру, урожайность либо устойчивость к неблагоприятным условиям среды, тем больше потенциальные возможности отбора для этого признака [5, 27].

В селекции клевера лугового применяют различные методы отбора – массовый (позитивный или негативный), индивидуально-семейственный, групповой биотипический, экотипический [18, 21]. Применение того или иного метода отбора определяется задачами селекции, количеством растений в исходном образце, способом их размещения на площади. Методы отбора широко используются в комплексе с другими методами селекции: гибридизацией, созданием сложно-гибридных популяций, искусственным мутагенезом, полиплоидией.

Наибольшее значение в селекции клевера лугового имеет массовый отбор, как наиболее эффективный для перекрёстно-опыляемых растений. Он позволяет выделить формы и биотипы, которые были сформированы естественным отбором. Этот метод эффективен при его длительном применении и проводится многократно, что приводит к усилению ряда признаков, на которые ведётся отбор. Массовый отбор может быть негативным или позитивным.

Массовый негативный отбор проводится в питомниках с индивидуальным размещением растений, где осуществляется выбраковка по признакам, неудовлетворяющим целям селекции, либо очистки сорта или популяции от примесей. Для этого из травостоя до цветения удаляют все забракованные растения, выживая или выкапывая их. Семена получают с оставшихся



растений при их свободном переопылении и одновременном уборке.

Массовый позитивный отбор применяют для выделения растений, лучших по заданным признакам и свойствам. Отобранные растения клонируют в отдельный питомник на изолированном участке, где происходит их свободное переопыление и уборка семян. Эти растения в дальнейшем размножают как популяцию, а также используют для искусственной гибридизации, создания сложногибридных популяций, полиплоидии, мутагенеза.

Индивидуально-семейственный отбор в селекции клевера лугового проводят для выделения родоначальников по признакам, закреплению которых в популяции не способствует естественный отбор. Этот метод применяется, главным образом, на начальных этапах селекции и для отбора отдельных выдающихся растений по одному или комплексу признаков. Каждое отобранное растение помещают под изолятор или клонируют в изолированные условия. Потомство каждого выделенного растения или клона высевают отдельно и изолированно – семьями, где оценивают по селективируемым признакам. В каждой отдельной семье по необходимым признакам проводят массовый негативный или позитивный, а также индивидуальный отборы с поворотной проверкой по потомству каждого выделенного растения. Чаще всего этот вид отбора применяют при создании линий-доноров по ценным признакам. Выделенные растения и семьи могут быть использованы для создания нового исходного материала методом мутагенеза, полиплоидии, гибридизации, поликросса.

Групповой биотипический (семейственно-групповой) отбор основан на отборе однотипных растений по группам или биотипам. Каждую группу клонируют или высевают на разные изолированные участки. Все забракованные растения до цветения выжинают серпом. В пределах каждой группы растения свободно переопыляются между собой, семена убирают вместе и в дальнейшем используют для создания искусственной популяции с предварительной оценкой ОКС (общей комбинационной способности) или без неё.

Экотипический отбор применяется для выделения на отдельных растений, а целых популяций, сложившихся в результате естественного отбора в определенных экологических условиях. Применяется в селекции клевера лугового при выявлении ценных дикорастущих и местных популяций, в целом представленных комплексом ценных биотипов. Такие популяции используются для непосредственного внедрения в производство или для дальнейшей селекционной работы.

Методом отбора были выведены многие сорта клевера лугового, в том числе, Среднерусский, Московский 1, Сиворицкий 416, Кировский 159, Марусинский 150, Тетраплоидный ВИК, Фарн (в Северной Осетии) и другие.

**Гибридизация** – один из ведущих методов создания нового селекционного материала, так как даёт возможность сочетать в получаемых гибридах наиболее ценные качества скрещиваемых растений и на их основе получать новые формы. Она способствует объединению в гибридах заданных признаков и свойств родительских форм, расширяет изменчивость, увеличивает гетерозиготность и пластичность полученного материала. Гибридизация также является основной выявления общей комбинационной способности исходных сортов, используется в сочетании с другими методами селекции [8]. Гибридизация широко применяется в селекции клевера лугового, где имеет свою специфичность в связи со строгой перекрёстной опыляемостью культуры и крайне низкой вероятностью завязывания семян в результате самоопыления [17, 19].

В селекции клевера лугового применяются следующие способы переопыления: свободное неограниченное, ограниченное свободное и принудительное [17].

Свободное неограниченное переопыление применяют обычно в коллекционных питомниках. Гибридный материал при этом получают в результате свободного опыления материнских форм пыльцой всех произрастающих рядом образцов. Для этого материнские растения высевают или высаживают черезрядно с растениями отцовского сорта или смесью сортов. После опыления все отцовские растения

выкапывают или скашивают, семена собирают с материнских растений. Недостатком этого способа является преимущественное доминирование материнской наследственности, особенно если в качестве материнских растений выступают местные или дикорастущие популяции, а также неполная достоверность перекрёстного опыления.

Ограниченно свободное переопыление используют при направленном подборе и опылении исходных родительских сортов, биотипов, клонов на изолированных участках. Этот метод позволяет получать достаточное количество семян, но степень перекрёстного опыления контролировать невозможно, что снижает эффективность гибридизации.

Принудительное переопыление (искусственное скрещивание) позволяет полностью контролировать подбор родительских пар и процесс опыления и оплодотворения. Осуществляется путём нанесения на рыльце цветков материнского растения пыльцы, собранной с цветков отцовского растения. Хотя метод принудительного переопыления трудоёмок, и при использовании получается небольшое количество семян, полученные гибриды являются полностью достоверными. Завязываемость семян при принудительном переопылении в значительной степени зависит от скрещиваемых сортов, поскольку клевер луговой характеризуется неодинаковой избирательностью к чужой пыльце при оплодотворении. Оптимальные условия для проведения искусственного скрещивания складываются в безоблачную погоду с температурой воздуха 20°C и влажностью 50%, в период времени между 10 и 14 часами. Искусственное скрещивание позволяет более успешно сочетать в гибридном потомстве заданные признаки и свойства родительских форм, получать новые формы, расширять изменчивость признаков, обеспечивать эффект гетерозиса [6, 16, 29, 31].

Гибридные растения клевера лугового, особенно полученные в результате свободного неограниченного и ограниченно-свободного переопыления, часто имеют большую разнокачественность. Потому необходимо проводить дополнительные скрещивания и отборы с целью достижения нужного

сочетания признаков и однородности, удовлетворяющих целям селекции.

С помощью метода гибридизации были созданы многие сорта клевера лугового, в том числе Носовский 5, Узрос 73, Ярославский 9, Немерчанский 1, Орловский среднеранний, Владикавказский и Дарьял [11].

Создание сложногогибридных и синтетических популяций является результативным методом селекции, основанным на использовании эффекта множественного гетерозиса. Этот метод широко применяется в селекции многолетних трав, в том числе клевера лугового. Исходным материалом для сложногогибридных и синтетических популяций служат местные и селекционные сорта, отдельные популяции, гибриды или клоны.

Для создания сложногогибридных популяций (СГП) закладываются специальные питомники, в которых отобранные для скрещивания формы переопыляются в условиях изоляции. Особое внимание при отборе исходного материала для переопыления уделяется срокам цветения отдельных компонентов, так как одновременность цветения является одним из необходимых условий для успешного создания СГП. При создании СГП часто применяют механическое смешивание образцов и многократное переопыление. Для стабилизации сложногогибридной популяции проводят несколько пересевов, обычно 3-4, после этого сорт на основе СГП считается полностью сформированным. Создание сложных биологических смесей сопровождается предварительной оценкой исходного материала по общей комбинационной способности. Для создания сложногогибридного синтетического сорта привлекается исходный материал, характеризующийся высокой комбинационной способностью, которая выявляется с использованием различных методов, чаще всего поликросса. Считается, что это позволяет более надёжно получить популяции с проявлением эффекта гетерозиса в ряду поколений [29, 30, 32, 41].

Существуют различные методы создания сложногогибридных и синтетических популяций: периодического отбора, эволюционный, эколого-географический и другие.

Применение этих методов обусловлено задачами селекции и биологическими особенностями исходного материала [2, 3].

Метод периодического отбора в создании сложногибридных синтетических популяций применяется в том случае, когда основным направлением селекции является качество, то есть химический состав растений или отдельных его частей. В этом случае синтетическая популяция создаётся из компонентов, отбираемых по требуемому свойству, с обязательной проверкой их по потомству. Этот метод сопряжён с многократными отборами и пересевами растений в специальных питомниках [3, 39, 40].

Эволюционный метод используется для селекции на признаки, контролируемые естественным отбором (семенная продуктивность, кустистость, устойчивость к вредителям, болезням и неблагоприятным климатическим условиям). В основе метода лежит привлечение разнообразного сортового и местного материала, из которого ведётся отбор по комплексу признаков отдельных биотипов, линий, клонов, которые используются для проведения широких поликроссов и создание синтетических популяций [2, 11].

Эколого-географический метод отличается от эволюционного тем, что в качестве исходного материала для переопыления используют целые популяции, различные по эколого-географическому происхождению. При этом гетерозис имеет максимальную силу в ряду гибридных поколений, особенно при скрещивании контрастных экотипов с различным популяционным составом [8, 22].

Представляет интерес формирование поликроссных сортов-популяций на полиплоидном уровне. Это связано с тем, что в тетраплоидных популяциях высокий уровень гетерозиса стабильно проявляется и поддерживается в ряду поколений благодаря их генетическим особенностям за счёт увеличения гетерозиготного состояния генов.

Методом создания сложногибридных и синтетических популяций были выведены многие отечественные и зарубежные сорта клевера лугового: Салют, Марс, ВИК 7, Гибридный позднеспелый, Пионер, Метеор (РФ), Цудовны (Беларусь),

Kumberland, Midland (США), Lassale (Канада), Иристон и Алан (Северная Осетия).

**Полиплоидия** – перспективный метод селекции, применяемый для создания новых сортов сельскохозяйственных культур. Сущность этого метода заключается в увеличении числа хромосом, кратном гаплоидному набору, что вызывает широкую изменчивость многих признаков, в том числе повышение продуктивности и приспособленности за счёт расширения генетической основы. Наиболее подходящим материалом для полиплоидии являются перекрёстноопыляемые растения с низким основным числом хромосом, у которых в хозяйственных целях используются вегетативные части растений. К числу таких растений относится клевер луговой, являющийся перекрёстноопыляющимся растением с низким основным числом хромосом ( $x=7$ ), возделываемый ради получения на корм вегетативной массы [22, 26].

При удвоении количества хромосом необходимо учитывать оптимальный уровень полиплоидии для каждой культуры, так как все последующие увеличения хромосом приводят к отрицательным последствиям. Для клевера лугового наиболее приемлемы тетраплоидные формы ( $4x=28$ ). Дальнейшее удвоение числа хромосом приводит к депрессии [41].

Для получения полиплоидов используются различные химические вещества (закись азота, аценофтен, фенилуретан, гамнексан, веротрил и другие). Наиболее эффективным препаратом является алкалоид колхицин ( $C_{22}H_{25}O$ ), получаемый из растения *Colchicum autumnale* L. Механизм действия колхицина заключается в том, что он в виде раствора проникает в делящиеся клетки и разрушает веретено движения в процессе митоза, что исключает расхождение дочерних хромосом, созревая, таким образом, клетки с удвоенным набором хромосом [39, 41].

Тетраплоиды клевера лугового за счёт увеличенных вегетативных органов продуктивнее диплоидных аналогов по сбору кормовой массы на 15-25% и более. Их существенным недостатком является пониженная семенная продуктивность. Экспериментально полученные тетраплоиды используются для

дальней селекционной работы с применением методов отбора, гибридизации, создания сложногибридных и синтетических популяций. Отмечено, что гетерозис в полиплоидных популяциях стабильно проявляется в ряду поколений. Отмечено, что гетерозис в полиплоидных популяциях стабильно проявляется в ряду поколений. Тетраплоиды клевера лугового имеют высокое качество корма, зимостойки, приспособлены к различным почвенно-климатическим условиям и слабее поражаются болезнями [18, 32].

Многие сорта клевера лугового, возделываемые в нашей стране и за рубежом, выведены методом экспериментальной полиплоидии. В Германии, Венгрии, Голландии, Швеции тетраплоиды составляют около половины возделываемых сортов. В Российской Федерации среди 90 сортов клевера лугового, внесённых в настоящее время в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, 17 сортов (18,9%) являются тетраплоидами. Наиболее распространенными, районированными в 2 и более регионах РФ, являются тетраплоидные сорта: Тетраплоидный ВИК, Витязь, Метеор, Делец, Тайлен, Марс, Тайфун, Стодолич, Кудесник, Атлантис, Весна, Ветеран, Памяти Лисицына [30].

Однако полиплоидные сорта неустойчивые и через несколько лет возвращаются к исходному диплоидному уровню.

**Искусственный мутагенез** всё больше используется в селекции сельскохозяйственных растений. Мутанты имеют высокую селекционную ценность, так как они обладают новыми, ранее не известными признаками.

На основе естественных мутаций были созданы многие сорта сельскохозяйственных культур. Однако естественный мутационный процесс протекает в природе крайне медленно, кроме того, вероятность, что мутации окажутся полезными и применимыми в селекционной работе, крайне мала [8].

Применение искусственного мутагенеза позволяет создавать новые генотипы растений с изменёнными количественными и качественными признаками. Воздействие мутагенов значительно увеличивает размах варьирования

признаков, что дает возможность вести отборы с большей эффективностью, чем среди обычных растений [39].

Для увеличения частоты мутаций в селекции применяют различные виды излучения и химические вещества.

Рентгеновские и ультрафиолетовые лучи, гамма-лучи, быстрые и тепловые нейтроны, ионизирующее излучение являются сильными мутагирующими факторами. Облучению подвергаются семена, пыльца, целые растения. В результате удаётся получить мутанты с укороченным сроком вегетации, изменённым химическим составом, повышенной устойчивостью к полеганию, высокой урожайностью семян и зелёной массы, толерантностью к некоторым заболеваниям и вредителям [2, 3]. Проведённые во ВНИИ кормов опыты по облучению клевера лугового тепловыми нейтронами, позволили выделить мутантные растения с различными полезными признаками: увеличенной высотой, кустистостью, облиственностью, обсеменённостью; повышенной устойчивостью к мучнистой росе; более тёмной зелёной окраской листьев с ярко выраженным рисунком или без него; высоким содержанием протеина, изменённым аминокислотным составом [11, 31].

В настоящее время открыты и применяются химические мутагены, называемые еще супермутагенами, которые наряду с точковыми мутациями вызывают появление перестроек хромосом [39]. Установлено, что высокой мутагирующей активностью обладают такие химические вещества, как N-нитрозометилмочевина, N-нитрозоэтилмочевина, N-диметилсульфат, формальдегид, уретан, этиленмин и другие. Растворами этих веществ в концентрации 0,010-0,070% обрабатывают семена, которые затем высевают в полевых или лабораторных условиях. Отбор изменённых растений ведут со второго поколения ( $M_2$ ), как и при облучении. Во ВНИИ кормов методом отбора среди мутантных форм были выделены растения, отличающиеся повышенной продуктивностью, скороспелостью, способностью формировать побеги с многоголоватыми соцветиями. Установлено, что при воздействии химических мутагенов частота мутаций превышает природный мутационный процесс в 500-1000 раз. Для



целенаправленной работы этим методом необходимо иметь большое количество растений (не менее 10000) для проведения отборов растений, несущих мутации. Отборы мутантных форм возможны в связи с тем, что химические мутагены вызывают до 20% физиологических и 5-10% морфологических мутаций доминантного характера.

Формирование мутантных селекционных номеров осуществляется в условиях строгой изоляции при насыщающих скрещиваниях и стабилизирующих отборах после оценки коэффициента наследуемости в  $M_3$  и отбора перспективных образцов. После проверки в контрольных питомниках лучшие мутантные образцы используются для дальнейшей селекционной работы [18].

На основе мутантов, полученных с использованием химических веществ, были созданы ультрараннеспелые зимостойкие, высокопродуктивные сорта клевера лугового Ранний 2, Трио, Алтын, Орлик [8].

**Экологическая селекция** является основой для создания новых сортов, сочетающих высокую потенциальную продуктивность с устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессам. Экологизация селекции растений является объективной потребностью селекционной теории и практики в связи с направленностью основных приоритетов сельскохозяйственного производства на высокую продуктивность и устойчивость агроценозов, ресурсо- и энергоэффективность, высокое и экологически безопасное качество продукции [8, 9].

Известно, что новые сорта клевера лугового наряду с наличием хозяйственно ценных признаков должны обладать высокой экологической пластичностью и приспособленностью к почвенно-климатическим условиям района их возделывания, в том числе к погодной изменчивости, характерной для последних лет. Ведущая роль в придании сорту экологической устойчивости принадлежит использованию генетического полиморфизма популяций, выявляемому методами экологической селекции. Определить адаптивность и приспособленность к изменчивым погодным условиям нового сорта

или исходного материала позволяет их оценка в различных, в том числе контрастных, почвенно-климатических условиях, что позволяет селекционеру экономить многие годы работы [2, 3].

Особенностью экологической селекции является то, что она осуществляется одновременно в различных почвенно-климатических зонах. Это позволяет выявить индивидуальную реакцию отдельных генотипов и сортов на действие стрессовых факторов среды и отобрать лучшие номера, сочетающие высокую продуктивность и средоустойчивость [8, 11].

Экологическая селекция, проводимая в широкой географической сети, позволяет ускорить в 3-5 раз оценку нового селекционного материала, как по отдельным признакам, так и по их комплексу. При этом обеспечивается широкая возможность использования естественных селективных фонов по морозостойкости и засухоустойчивости, соле- и кислотоустойчивости к фитопатогенам. Это позволяет повысить потенциал будущих сортов противостоять неблагоприятным факторам среды за счет отбора перспективных генотипов, обогатить селекционные источники специализированным исходным материалом. Использование экологической селекции позволяет повысить эффективность селекционных исследований за счёт использования имеющихся природных различий сред в каждой экологической зоне [2, 3].

Примером использования экологической селекции в мировой практике является проведение селекционерами Австралии, США, ЮАР параллельных испытаний селекционного материала в нескольких точках мира, что позволило им создать сорта, сочетающие высокий потенциал продуктивности с экологической пластичностью [41].

Эффективно ведёт экологическую селекцию клевера лугового творческое объединение селекционеров «Клевер». За 30 лет своего существования это объединение, охватывающее все зоны клеверосеяния, провело испытание в контрастных зонах почвенно-климатических условиях более 800 селекционных номеров, созданных в различных научно-исследовательских учреждениях, занимающихся селекцией клевера лугового. На основе номеров проявивших

положительные хозяйственные качества и высокую устойчивость в различных регионах, были созданы сложногобридные популяции, поступившие для проработки и оценки в научно-исследовательские учреждения – члены ТОС «Клевер». Из этого селекционного материала были созданы 13 сортов клевера лугового нового поколения, включены в Государственный реестр селекционных достижений и допущенные к использованию во многих регионах Российской Федерации, а также Беларуси (Топаз, Ратибор, Памяти Бураки), Добрыня, ТОС 870, СОЖ и др.) [40].

Однако в условиях гор и предгорий Северной Осетии-Алании ощущается острый недостаток высокоурожайных сортов клевера, особенно для подсева на деградированных лугах склоновых земель.

Существующие культурные сорта малопригодны для посева на горных пастбищах, так как имеют низкую адаптивность и недолговечность, недостаточную конкурентоспособность. Пастбищные сорта клевера должны отличаться быстрым отрастанием весной, устойчивостью к вытаптыванию, скороспелостью и высоким ритмом роста.

Для создания таких сортов, обладающих комплексом признаков, необходим селекционный исходный материал.

Из всех методов селекций: внутривидовая гибридизация, массовый отбор, мутагенез, полиплоидия, культура клеток и тканей для клевера лугового в условиях Северного Кавказа самым радикальным является способ получения сложногобридных популяций на основе переопыления подобранных исходных форм, включающих образцы различного географического происхождения.

Получение исходных форм в предгорной зоне усложняет процесс создания сортов для горных пастбищ. Используемый отбор полновозрастных растений на второй год жизни по поколениям удлинит сроки получения нового селекционного материала.

В привлечении дикорастущих растений не в полной мере учитывались факторы долголетия, зимостойкости, высокой отавности, устойчивости к болезням и закрепление их в

потомстве полученных гибридов. В селекционном материале отсутствуют доминирующие факторы по семенной продуктивности. В наших исследованиях для формирования новых высокопродуктивных сортов сенокосно-пастбищного направления выбран метод: сложно-гибридных популяций, основанный на привлечении дикорастущих растений горных фитоценозов в диапазоне 600-2000 м над уровнем моря.

Селекционные исследования проводились в течение 45 лет, сравнивали различные методы получения исходного материала и формировали новые сорта.

Внутривидовые популяции являются исходным началом, в котором естественный отбор создаёт новые формы. Детальный генетический анализ состава популяции показывает её огромную генотипическую и фенотипическую изменчивости.

Большую роль в эволюции сыграли различные виды скрещивания особей: внутрипопуляционные, межпопуляционные, а в ряде случаев между разными видами и даже родами (гибридизационная или комбинативная изменчивость).

Ч. Дарвин (1889) первым обнаружил явление биологической полезности скрещивания. В последующем было установлено, что гетерозиготное состояние генов нередко ведёт к повышению мощности и жизнеспособности гибридных организмов по сравнению с родительскими формами.

Метод создания сложногибридных популяций или синтетических сортов получил наиболее широкое распространение. Компонентами их могут быть существующие сорта, клоны, выделенные путём отбора нескольких генотипов внутри инбредного потомства, дикорастущие образцы, собранные с горных территорий.

Синтетический сорт по определению Tysdal, Crand (1948), означает сорт, выведенный путём скрещивания, смешивания или посева чередующимися рядками двух, четырёх или нескольких сортов и клонов с последующей уборкой и повторным посевом смешанных семян новых поколений.

Используя метод подбора образцов в питомнике поликросса, мы выделили генотипы с высокой комбинационной способностью. Сформированные синтетические популяции из

трёх компонентов высокогетерозисных гибридов обеспечили создание новых сортов клевера. Иристон 1 и Иристон 3, превысившие стандарт (сорт Владикавказский) по урожайности кормовой массы, облиственности, зимостойкости.

В основу методики экологической селекции в условиях предгорных и горных районов Северного Кавказа были положены особенности растений, полученных при изучении и оценке селекционного материала в различных вертикальных поясах.

В исследованиях по созданию лугопастбищных сортов мы отбирали образцы для свободного переопыления по принципам: географической разобщенности групп сортоформ, естественного, периодического и искусственного отборов.

Сформированные в одну популяцию с экологической оценкой 28 различных генотипов включали аборигенные горные образцы, дикорастущие, географически отдалённые формы, культурные сорта.

В процессе селекционной работы теоретически обоснован и реализован принцип двукратного негативного массового отбора растений 3-5 года жизни. Отбор в разные фазы органогенеза (бутонизация и цветение) по комплексу хозяйственно-биологических признаков способствовал формированию долголетних форм новых сортов клевера лугового Алан и Нарт.

Восприятие и переработка поступающей информации в организмы растений являются чрезвычайно сложными проблемами современной биологической науки. Регулярные системы, происходящие под влиянием внешней среды – необходимые условия для разработки селекционной кибернетики и на ее основе создания адаптивных к горным условиям лугопастбищных сортов.

Известно, что регуляторная система растений состоит из особенностей генотипа, биологических часов, клеточных мембран, ферментативных систем, ионов, фитогормонов и межклеточных связей. Все элементы системы реализуются во внешних признаках (фенотипе) растений, которые в полной мере зависят от экологических воздействий [39].

Под влиянием внешних факторов происходит изменения этапов онтогенеза и приспособление к почвенно-климатическим условиям.

Выявить такую закономерность необходимо у многолетних трав – будущих интродуцентов. При интродукции новых видов растений, выведении и внедрении новых сортов отбираются формы с высокой пластичностью, способных самоорганизоваться в любых условиях.

Особенно эффективными признаками для будущих сортов являются долголетие, зимостойкость, высокая семенная продуктивность и взаимовлияние (положительное или отрицательное) в одно- и многовидовых ценозах.

В наших исследованиях выделены синтетические популяции, превышающие стандартный сорт Владикавказский по ряду признаков (табл. 1).

**Таблица 1 – Хозяйственно-биологические показатели синтетических популяций в предварительном сортоиспытании клевера лугового на 3 год жизни**

Образцы	Урожай зеленой массы, ц/га за 2 укуса	Урожай сена, ц/га	Высота (см) перед 1 укосом	Облиственность, %	Поражаемость антракнозом, %	Обсемененность, %	Протеин, %	Зимостойкость, %
Владикавказский – стандарт	307,0	66,0	37,3	45,0	56,0	59,8	17,44	90,2
Syn 164-97	334,0	73,4	42,3	60,0	20,3	64,2	17,96	96,2
Syn 165-97	381,0	81,9	44,3	62,0	15,4	60,4	17,77	98,4
Sx, %	4,5							
НСР <sub>05</sub> , ц/га	16,5							

Из приведённых результатов следует, что сформированные синтетические популяции (поликроссы) превышали сорт – стандарт на 27-74 ц/га, или на 8,7-24% по кормовой массе за 2 укуса. При этом их обсеменённость

достигала 60,4-64,2%, что выше контрольного сорта на 0,6-4,4%. Более высокие показатели достигнуты и по зимостойкости за счёт включения в питомник переопыления интродуцируемых образцов из горных районов.

В предварительном сортоиспытании новые сорта характеризовались урожайностью на уровне стандарта, но превышали его по содержанию протеина и облиственности, устойчивости к заболеванию антракнозом и зимостойкости (табл. 2).

**Таблица 2 – Результаты предварительного сортоиспытания сортов Иристон 1 и Иристон 3**

Сорт	Урожай кормовой массы, ц/га за 3 года	Высота растений на 3 год жизни, см	Облиственность, %	Протеин, %	Зимостойкость, %	Пораженность антракнозом, (балл)
Владикавказский	1060,6	58,5	63,0	18,25	95,3	1,8
Иристон 1	1135,9	59,5	66,0	18,33	97,1	0,8
Иристон 3	1031,1	61,0	67,0	19,03	97,8	0,7
Sx, %	3,23					
НСР <sub>05</sub> , ц/га	42,0					

Результаты испытания двух синтетических популяций, получивших названия Иристон 1 и Иристон 3, в предварительном сортоиспытании показали более высокую зимостойкость (на 2-2,5% выше стандарта) содержание протеина и меньшую поражаемость антракнозом.

На основании проведённых исследований можно заключить, что экологическая оценка образцов на разных горных высотах и одновременный отбор перспективных растений, их свободное переопыление и размножение позволяет в короткое время получить семена сложно-гибридной популяции и создать на их основе высокопродуктивного к горным условиям и долголетнего сорта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Адаптивная система селекции кормовых растений (биоценотический подход)/ Под ред. З.Ш. Шамсутдинова. – М.: Изд. МГОУ, 2007. – 224 с.
2. Бекузарова, С.А. Селекция клевера лугового/ С.А. Бекузарова. Монография. – Владикавказ: Издательство Горского ГАУ, 2006. – 175 с.
3. Бекузарова, С.А. Формирование сложно-гибридных популяций на основе интродуцируемых бобовых трав/ С.А. Бекузарова, З.Б. Бораева, В.И. Гасиев// Известия Горского ГАУ.– Т. 52. – Ч. 3. – Владикавказ, 2015. – С. 30-36.
4. Вавилов, Н.И. Происхождение и география куль-турных растений/ В.И. Вавилов – Л.: Наука. Ленинградское отделение, 1987. – 438 с.
5. Горбачёв, В.И. Особенности получения качественных семян кормовых трав/ И.В. Горбачёв// Кормопроизводство. – 2011. – №2. – С. 43-44.
6. Дурнев, Г.И. О подкашивании клевера лугового/ Г.И. Дурнев, В.А. Петров// Селекция и семеноводство. – 2001. – №4. – С. 34-35.
7. Жученко, А.А. Экологическая генетика куль-турных растений и проблемы агросферы (теория и практика): Монография в 2-х томах/ А.А. Жученко. – М.: Изд. «Агрорус», 2004. – Т.1. – 690 с.
8. Зарьянова, О.А. Особенности роста и развития сортов клевера лугового различной спелости/ О.А. Зарьянова, С.В. Кирюхин// Использование генетических ресурсов сельскохозяйственных растений в современном земледелии: Сборник материалов региональной конференции молодых ученых, аспирантов, студентов, посвященной 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова 19-23 марта 2012 г. – Орел, 2012. – С. 169-173.
9. Золатарёв, В.Н. Методологические принципы организации агроэкологического семеноводства многолетних трав/ В.Н. Золатарёв, Н.И. Переправо// Земледелие. – 2008. – №2. – С. 40-41.
10. Золатарёв, В.Н. Оценка влияния сроков уборки клевера лугового на биотипический состав раннеспелых сортопопуляций/ В.Н. Золатарёв// Земледелие. – 2009. – №6. – С. 42-44.



11. Кирюхин, С.В. Исходный материал для селекции сортов клевера лугового ( *Trifolium pretense* L.), адаптированных к условиям Центрально-Черноземного региона Российской Федерации: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук/ С.В. Кирюхин. – Брянск: 2015. – 24 с.

12. Кожемяков, А.П. Эффективность и основные функции симбиотических и ассоциативных бактерий-инокулянтов сельскохозяйственных культур/ А.П. Кожемяков// Сельскохозяйственная микробиология в XIX-XXI веках: тезисы докладов всерос. конф. – С-Пб, 2001.

13. Косолапов, В.М. Кормопроизводство – стратегическое направление в обеспечении продовольственной безопасности России. Теория и практика/ В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова. – М.: ФГНУ «Росифорагротех», 2009. – С. 139-157.

14. Косолапов, В.М. Новый этап развития кормопроизводства России/ В.М. Косолапов// Кормопроизводство. – 2007. – №5. – С. 3-7.

15. Кузнецов, В.В. Об использовании регенерированного магнитного порошка для очистки семян клевера/ В.В. Кузнецов, А.Ю. Делецина// Селекция и семеноводство. – 2002. – №2. – С. 43-44.

16. Ларионов, Ю.С. Проблемные аспекты современного семеноводства и семеноведения/ Ю.С. Ларионов// Селекция и семеноводство. – 2004. – №3. – С. 17-20.

17. Методические указания по селекции и первичному семеноводству клевера лугового. – М., 1996. – 92 с.

18. Михайличенко, Б.П. Научные основы зонального семеноводства многолетних трав/ Б.П. Михайличенко// Селекция и семеноводство. – 1999. – №4. – С. 38-42.

19. Михайличенко, Б.П. Промышленное семеноводство многолетних трав в Нечерноземье/ Б.П. Михайличенко// М.: Россельхозиздат, 1987. – 142 с.

20. Молчан, И.М. Современное семеноводство/ И.М. Молчан, П.И. Лисицын// Селекция и семеноводство. – 2004. – №3-4. – С. 19-34.

21. Новосёлов, М.Ю. Первичное и элитное семеноводство/ М.Ю. Новосёлов и др.// Методические указания по селекции и первичному семеноводству клевера. – М.: РАСХ-ВИК, 2002. – С.63-68.

22. Новосёлова, А.С. Селекция и семеноводство клевера/ А.С. Новосёлова. – М.: Агропромиздат. – 1986. – 199 с.
23. Осокин, И.В. Оптимизация нормы высева клевера лугового/ И.В. Осокин, Э.Д. Акманаев// Земледелие. – 2004. – №2. – С. 9.
24. Переправо Н.И. Агрэкологические и биологические основы зонального семеноводства клевера лугового. Результаты 25-летних исследований творческого объединения ТОС «Клевер»/ Н.И. Переправо. – М.: ООО «Эльф ИПР», 2012. – С. 254-264.
25. Переправо, Н.И. Сортовое семеноводство клевера/ Н.И. Переправо// Клевер в России. – Воронеж: Изд. им. Е.А. Болховитинова, 2002. – С.136-157.
26. Переправо, Н.И. Семеноводство тетраплоидных сортов клевера лугового. Результаты 25-летних исследований творческого объединения ТОС «Клевер». – М.: ООО «Эльф ИПР», 2012. – С. 265-271.
27. Переправо, Н.И. Приёмы формирования семенного травостоя у клевера лугового Ранний 2/ Переправо Н.И., В.Н. Золатарев// Селекция и семеноводство. – 2004. – №4. – С. 29-32.
28. Пивоваров, В.Ф. О состоянии семеноводства в России и странах СНГ/ В.Ф. Пивоваров, С. Сирота// Селекция и семеноводство. – 2006. – №2. – С. 24-27.
29. Рекомендации по семеноводству клевера лугового. – М.: ВНИИ кормов, 1982. – 31 с.
30. Сафиоллин, Ф.Н. Опыт организации семеноводства многолетних трав в Татарстане/ Ф.Н. Сафиоллин, М.Ш. Тагиров, А.А. Галлиев// Селекция и семеноводство. – 2004. – №4 – С. 15-17.
31. Семёнов, С.Г. Практическое руководство по освоению интенсивной технологии производства семян клевера лугового/ С.Г. Семёнов, Б.П. Михайличенко и др. – М.: Госагропром-ВИК, 1988. – 38 с.
32. Ситников, Н.П. Об управлении семеноводством многолетних трав на региональном уровне/ Н.П. Ситников// Кормопроизводство. – 2013. – №1. – С. 20-21.
33. Тимофеев-Ресовский Н.В. Микроэволюция/ Н.В. Тимофеев-Ресовский// Бот. журнал. – 1958. – Т.43. – №3. – С. 317-336.

34. Фарниев, А.Т. Влияние микробных препаратов на продуктивность клевера лугового/ А.Т. Фарниев, С.А. Бекузарова, А.А. Сабанова, М.В. Герасименко// Кормопроизводство. – 2010. – №10. – С. 26-30.

35. Чернявских, В.И. Семенная продуктивность многолетних бобовых трав при выращивании в чистых и смешанных посевах на карбонатных почвах Белгородской области/ В.И. Чернявских, Е.В. Думачёва// Кормопроизводство. – 2012. – №2. – С. 34-36.

36. Чучреев, М.К. Сравнительное изучение работы карпатских пчёл на опылении клевера лугового в условиях Ярославской области/ М.К. Чучреев, Т.Т. Тормосина// Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №5. – С. 70-72.

37. Шамсудинов, З.Ш. Смена парадигм в селекционной стратегии кормовых культур/ З.Ш. Шамсудинов// Кормопроизводство. – 2007. – №5. – С. 24-32.

38. Шпаков, Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР/ Д.И. Шпаков. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 247 с.

39. Экологическая селекция и семеноводство клевера лугового/ Сборник научных трудов, посвященный 25-летию ТОС «Клевер». – М., 2012. – 287 с.

40. Garcia-Diaz, C.A. Birdsfoot trefoil seed production: III. Seed shatter and optimal harvest time/ Garcia –Diaz C.A., Steiner J.J.// Crop Science. – 2000. – №2. – S. 457-462.

41. Garcia-Diaz, C.A. Birdsfoot trefoil seed production: II. Plant-water status on reproductive development and seed yield/ Garcia-Diaz C.A., Steiner J.J.// Crop Science. – 2000. – №2. – S. 193-199.