

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО СЕЛЕКЦИИ
МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ**



Москва 2012

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
КОРМОВ имени В. Р. ВИЛЬЯМСА

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО СЕЛЕКЦИИ
МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ**

Москва
Издательство РГАУ—МСХА
2012

УДК 633.632.4
М545

Методические указания по селекции многолетних злаковых трав / доктор сельскохозяйственных наук, чл.-корр. РАСХН В.М. Косолапов, кандидаты сельскохозяйственных наук: С.И. Костенко, С.В. Пилипко, В.С. Клочкова, Н.Ю. Костенко, Е.Е. Малюженец, Н.В. Разгуляева, доктор сельскохозяйственных наук Г.Ф. Кулешов, кандидат биологических наук Н.М. Пуца, научные сотрудники Е.К. Пампура, А.И. Фомин.

Представлены особенности создания новых сортов многолетних злаковых трав с использованием селекционных методов, приводится схема селекционно-семеноводческого процесса, включая первичное семеноводство злаковых трав в зависимости от биологических характеристик и почвенно-климатических условий возделывания, сопутствующие учеты и наблюдения, основные болезни и оценка их на поражаемость.

Методические указания по селекции многолетних злаковых трав предназначены для селекционеров и семеноводов научно-исследовательских учреждений, опытных станций, вузов, специалистов сельскохозяйственных предприятий различной формы собственности.

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании секции Ученого совета ГНУ ВИК Россельхозакадемии (протокол № 14 от 22 марта 2012 г.)

ISBN 978-59675-0709-0

© ГНУ ВИК Россельхозакадемии
© ФГБОУ ВПО РГАУ – МСХА
имени К.А. Тимирязева, 2012
© Издательство РГАУ – МСХА

ВВЕДЕНИЕ

Свыше 200 лет российские крестьяне целенаправленно занимаются выращиванием злаковых трав для получения сена и других кормов для животных. На юге России был введен в культуру кострец безостый, а на севере — тимофеевка луговая. Впоследствии были окультурены ежа сборная, овсяница луговая и некоторые другие виды. Часть видов трав были завезены из других стран. В настоящее время в Реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации в 2012 году, внесено 43 вида злаковых трав. Еще около 100 видов может быть использовано как для производства кормов, так и для целей рекультивации и озеленения, особенно в местностях с крайне неблагоприятными условиями для выращивания традиционных трав.

Широкому хозяйственному использованию многолетних злаковых трав благоприятствуют свойственные им биологические качества: долготлетие, зимостойкость, пластичность, способность к вегетативному возобновлению. Кроме кормового значения некоторые виды применяются при создании газонов различного типа. Значительна их роль и в системе земледелия: они предохраняют почву от водной и ветровой эрозии, обогащают ее органическими веществами, улучшают ее физико-механические свойства и инфильтрацию осадков. В продукции лугопастбищного хозяйства России содержание злаковых трав составляет более 80 % от валового урожая, они являются основой большинства заготавливаемых грубых кормов. При отчуждении зеленой массы в оптимальные сроки биохимический состав получаемого из злаков корма содержит вполне приемлемое количество сырого протеина, а продуманное внесение минерального азота способствует повышению качества получаемых кормов. Многолетний характер использования этих видов способствует резкому удешевлению получаемых кормов

Основная задача селекции многолетних злаковых трав — это создание новых, высокопродуктивных, экономически устойчивых сортов кормовых злаковых трав, хорошо адаптированных к конкретным местным условиям, обладающих высокой экологической устойчивостью и способных полнее использовать биоклиматический потенциал данного региона, обеспечивая достаточную семенную продуктивность и отличающихся при этом от других, ранее выведенных сортов. Согласно современным положениям международного союза селекционеров, а также международных правовых документов о защите авторских прав, главным признаком нового сорта являются постоянные морфологические или иные отличия его от уже существующих сортов и гибридов.

Многолетние злаковые травы имеют большое значение в луговом и полевом травосеянии. При правильном подборе видов, сортов и надлежащем уходе за ними они гарантируют получение дешевого, разнообразного,

полноценного корма (зеленый корм, сено, силос, белково-витаминная мука). Широкому использованию кормовых злаковых трав способствуют свойственные им биологические показатели: зимостойкость, долголетие, пластичность, способность к вегетативному возобновлению.

Направление селекции многолетних кормовых злаковых трав определяется общими и специфическими задачами, обусловленными разнообразием почвенно-климатических условий и характером использования травостоя.

Для полевого травосеяния большое значение имеют сорта, обладающие высоким урожаем кормовой массы в течение двух–трех лет, но особенно необходимы раннеспелые зимостойкие сорта с быстрым отрастанием весной и после укосов, обеспечивающие двух-, трехкратное скашивание, пригодные для ранней подкормки, сенажа, с высокой и устойчивой по годам урожайностью семян. Для лугового травосеяния — сорта, обладающие долголетием и высокой конкурентной способностью при длительном пастбищном и сенокосном использовании в травосмеси на суходольных и пойменных низинных землях, а также на осушенных торфяниках. Эти сорта должны обладать устойчивостью к вытаптыванию и стравливанию, быстрым темпам отрастания, различаться по скороспелости и ритму роста.

Важным направлением селекции является создание специализированных сортов многолетних злаковых трав для газонного и пастбищного использования, так как многолетние травостои из бобовых и злаковых трав, в том числе и пастбищные, позволяют получать наиболее дешевые корма. При этом внесение азотных удобрений минимально и существенно снижает энергозатраты на производство конечной продукции. Определяющими признаками газонных и пастбищных сортов злаковых трав является способность выдерживать многократное отчуждение надземной массы и быстрое последующее отрастание. Поэтому многие формы и перспективный селекционный материал, отбираемые как пастбищные, часто могут использоваться в дальнейшем и как газонные.

Одно из главных направлений селекции — увеличение кормовой и семенной продуктивности многолетних злаковых трав, повышение качества корма, создание сортов устойчивых к болезням. Необходимо расширить исследования по адаптивной селекции кормовых культур, фитоценотической селекции, селекции на эффективную симбиотическую активность.

Важной задачей при селекции кормовых злаковых трав является разработка эффективных морфогенетических и генетических методов маркирования новых сортов и перспективного селекционного материала.

При использовании многолетних злаковых трав для конструирования лугопастбищных травосмесей большое значение имеет продуктивное долголетие. Продуктивное долголетие отдельных сортов, устойчивость и саморегуляция фитоценоза зависят от конкурентных отношений внутри растительного сообщества, поэтому селекция направлена на совершенствова-

ние методов и создание высококонкурентных сортов многолетних злаковых трав с высокой урожайностью кормовой массы и семян, устойчивостью к неблагоприятным факторам среды и болезням.

Селекционная работа должна быть направлена на создание более продуктивных сортов (12,0 т/га сухого вещества и более) для многоукосного и пастбищного использования, с повышенной устойчивостью к болезням и с улучшенными кормовыми достоинствами (содержание сырого протеина — 12–5 %, переваримость сухого вещества — 65–70 %).

Задачи, поставленные при выведении нового сорта, решаются различными методами.

Широкое применение при развертывании селекционной работы с кормовыми злаковыми травами получили массовый, индивидуально-семейственный, семейственно-групповой, биотический отбор, межсортовая гибридизация.

В связи с новыми требованиями к сортам при создании высокопродуктивных, устойчивых к экстремальным условиям среды, болезням и вредителям, пластичных, зимостойких, долгодетных и специализированных сортов многолетних злаковых трав, наряду с традиционными методами, широко используются селекционные методы создания сложногибридных популяций (поликросса), экспериментальной полиплоидии, химического мутагенеза и отдаленной гибридизации.

В зависимости от способа, которым был выведен сорт, подбирается соответствующая схема первичного семеноводства, обеспечивающая получение семян надлежащего качества, с высокими сортовыми показателями, неизменными по годам пользования.

МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ СОРТОВ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ

Отбор

Отбор является одним из основных методов селекционной работы. Различают два основных вида отбора — естественный и искусственный. Естественный отбор делает сама природа, так как в конкретных условиях выживают и дают наибольшее потомство лучше приспособленные к этим условиям растения.

Искусственный отбор в селекции многолетних злаковых трав используют как при создании новых сортов, так и в первичном семеноводстве для поддержания и сохранения хозяйственно ценных признаков созданных сортов.

При создании новых сортов используют отбор, выделяя из популяции биотипы или отдельные растения, отвечающие задачам селекции и полученные гибридизацией, мутагенезом, полиплоидией, поликроссом и др.,

в этом случае его применяют для выделения родоначальников из исходного материала.

В зависимости от задач селекции используют экотипический, массовый негативный, массовый позитивный, групповой биотипический и индивидуально-семейственный отбор.

Для сортов популяций многолетних злаковых трав характерна определенная популяционная разнокачественность, которая обеспечивает лучшее приспособление их к условиям среды и поддержания гетерозисного состояния, обеспечивающего повышенную продуктивность таких сортов.

При селекции многолетних трав интенсивного типа популяционную разнокачественность обеспечивают за счет создания сложногибридных, синтетических сортов популяций. Для этого применяют, в основном, массовый, позитивный отбор, групповой биотипический и индивидуально-семейственный отборы.

Массовый отбор является достаточно эффективным методом. Массовый отбор, в первую очередь, позволяет выделять те формы растений, которые сформировал естественный отбор. В селекционной работе массовый отбор сочетают с естественным при создании сортов многолетних злаковых трав, устойчивых для пастбищного использования при проведении опытов на пастбищах.

Чтобы закрепить желательные признаки и избежать ненаследуемых модификационных изменений в селекционной работе также используют многократный массовый отбор.

При *негативном массовом отборе* выбраковывают плохие растения, оставляя те, которые отвечают требованиям отбора и оставшиеся растения убирают на семена. На следующий год семена высевают в селекционных питомниках для оценки и размножения.

Экотипический отбор характерен тем, что за единицу отбора принимают не отдельные растения, а целые популяции, которые сложились в определенных экологических условиях и максимально приспособлены именно к этим условиям.

В зависимости от особенностей культуры, задач селекции, степени проработки материала возможны совмещение и сочетание отдельных этапов селекционного процесса. Практически можно совместить питомники изучения и создания исходного материала.

Этот метод применяется при выявлении ценных дикорастущих популяций.

Для проведения *индивидуального или семейственного отбора* закладывают специальный питомник отбора. Отбор проводят в первый, второй, третий годы пользования в зависимости от срока и способа закладки питомника. Созревшие семена с одного или нескольких отобранных растений отбирают отдельно и на следующий год высевают по семьям, обеспечивая индивидуальное стояние растений. Созревшие семена вновь высевают по

семьям для продолжения искусственного отбора.

Как показывают результаты селекционной работы, семейственный отбор, как метод селекции, имеет меньшее применение, чем массовый отбор.

Для ускорения искусственного и естественного отборов в питомниках создают или используют имеющиеся экологические фоны и применяют соответствующие режимы использования травостоя (сенокосный, пастбищный и др.). Это позволяет быстрее выявить растения с положительной реакцией на условиях среды. Для выведения иммунных сортов создают инфекционный срок. При выведении многоукосных сортов провокационным фоном служит скашивание в ранние фазы вегетации. Создание пастбищных сортов проводят в питомниках при имитации стравливания и в условиях пастбищ. Очень важно при отборе использовать крайне неблагоприятные погодные условия (засушливые, с суровой зимой, с избыточным увлажнением и т. д.).

Гибридизация

Гибридизация является одним из ведущих методов создания нового исходного селекционного материала многолетних злаковых трав. Она дает возможность сочетать ценные качества родителей и на их основе получать новые формы

Метод гибридизации используют при создании гибридных сортов с закреплением в поколениях нужных признаков и свойств, его применяют в сочетании с другими селекционными методами.

Создание сложногибридных сортов-популяций проводят на последовательном поликроссном скрещивании подобранных растений, биотипов, сортов, самоопыленных линий и др.

Полиплоидные сорта многолетних злаковых трав получают при гибридизации на полиплоидном уровне. Непосредственным продуктом гибридизации являются гетерозисные гибриды F_1 . Создание самоопыленных линий предусматривает последующее сестринское скрещивание.

Линии с ЦМС создают с помощью последовательных насыщенных скрещиваний. Гибридизация является основным методом выявления общей и специфической комбинационной способности исходного материала.

Способы скрещивания многолетних злаковых трав

Естественное спонтанное переопыление возникает обычно на границе распространения разных экотипов, видов, разновидностей при высевах сортов трав вблизи естественных зарослей дикорастущих форм данного вида. Спонтанное переопыление происходит благодаря сильно выраженному у многолетних трав перекрестному оплодотворению.

Свободное неограниченное переопыление используют обычно в коллекционных питомниках. Гибридный материал при этом получают в результате свободного опыления материнских форм или растений всех произрастающих рядом образцов. Этот прием используют для выявления общей комбинационной способности отдельных сортов, биотипов или растений. В ряде случаев такой гибридный материал при высоком гетерозисе используется в качестве исходного материала для формирования гибридных сортов с закрепленным гетерозисом.

Ограниченно-свободное переопыление. Основой этого метода является направленный подбор исходных родительских сортов, биотипов, отдельных растений и свободное их переопыление в питомниках переопыления и поликрасса на изолированных участках.

Простота метода и большое количество получаемых гибридных семян позволяют быстро доводить селекционный процесс до сортоиспытания. Вместе с тем, у гибридного сорта создается определенная популяционная разнокачественность, обеспечивающая высокий гетерозис.

Семена материнского сорта и сорта-опылителя высевают отдельно, черезрядно, широкорядным способом или сорт опылитель высевают широкой полосой вокруг участка материнского сорта.

Вместо одного сорта-опылителя можно подбирать смесь нескольких сортов. Удобен также подсев материнского сорта в большой массив отцовского сорта. Можно также материнские растения, выращенные в сосудах, на период цветения устанавливать среди травостоя отцовского сорта.

Питомник поликрасса для переопыления большого числа подобранных растений или биотипов закладывают с индивидуальным размещением растений. Растения разных биотипов размещают в питомнике равномерно по всему участку для более полного взаимного переопыления, в нескольких повторностях.

В питомниках переопыления и поликрасса в период цветения используют приемы, способствующие более полному переносу пыльцы с растения на растение. До цветения выкашивают неполноценные и больные растения, все остальные убирают на семена.

Искусственная гибридизация незаменима при генетических исследованиях, для внутривидовой и отдаленной гибридизации, в практической селекции при проведении контролируемых насыщенных скрещиваний. Ее осуществляют путем нанесения на рыльце цветков материнского растения пыльцы, собранной с цветков одного или нескольких отцовских растений.

Искусственное скрещивание позволяет более успешно сочетать в гибридном потомстве заданные признаки и свойства родительских форм, получать новые формы, расширять изменчивость признаков, обеспечить устойчивый в поколениях эффект гетерозиса.

Искусственное скрещивание особенно эффективно при создании сортов с новыми признаками и свойствами при повышении качественных

показателей и иммунитета. Выявление общей и, особенно, специальной комбинационной способности гетерозисных пар на фертильной и стерильной основе на первых этапах возможно проводить только с помощью искусственного скрещивания — прямого или реципрокного.

Искусственное скрещивание позволяет усиливать нужные и ослабить отрицательные признаки в гибридном потомстве при повторных, возвратных и насыщенных скрещиваниях. Усиливать влияние той или иной родительской формы в гибридном потомстве можно в процессе самого искусственного скрещивания, используя цветки разного возраста и различной активности в оплодотворении. Пыльца и рыльце молодого цветка обычно более активно участвуют в оплодотворении, чем цветка более старого. Влияние отцовской формы можно усилить массированным воздействием большого количества пыльцы или смеси пыльцы с разных подобранных растений отцовского сорта, биотипа, линии и др.

Искусственное скрещивание позволяет использовать отдаленную межвидовую гибридизацию у многолетних злаковых трав, которая часто дает более значительный эффект, чем внутривидовая.

При отдаленных межвидовых скрещиваниях можно использовать полиплоидию, опыление смесями пыльцы и др.

Искусственное скрещивание можно проводить на любом питомнике — коллекционном, селекционном, и даже на полях размножения. Однако наиболее целесообразно закладывать специальный питомник гибридизации с индивидуальным размещением растений, технически такой травостой удобен для проведения скрещиваний, ухода за растениями и сохранения опыленных соцветий и гибридных семян.

Для скрещиваний среди популяций родительских сортов выбирают наиболее сильные здоровые, хорошо развитые растения. На каждом материнском растении выбирают хорошо развитые, удобные для скрещивания соцветия; у многолетних злаков — средние и нижние. На подобранные материнские соцветия, растения и отдельные стебли надевают изоляторы, к скрещиванию приступают при единичном цветении у злаковых трав.

Пыльцу для опыления собирают и наносят на рыльце с помощью трубочки, шпателя, кисточки, спички, плотно обернутой ватой. Лучше всего брать пыльцу непосредственно перед опылением, при этом соцветия отцовских растений набирают вместе со всеми и помещают их в воду для сохранения тургора. Если пыльцу собирают заранее, то ее помещают в бюксы или на часовое стекло.

После подготовки соцветия материнского растения на приспособление набирают пыльцу с 5–10 цветков отцовских растений. Набрав достаточное количество пыльцы, ее немедленно наносят на рыльце цветков материнских растений. Соцветия накрывают изоляторами и снабжают этикеткой из сложенного вдвое пергамента. Изоляторы оставляют на соцветиях до подсыхания венчика или до созревания семян. На внутренней сторо-

не этикетки ставят номер и дату скрещивания, число опыленных цветков и соцветий. В журнал гибридизации заносят все данные о скрещивании, указывают родительские формы, место и дату скрещивания, число опыленных цветков.

Многолетние злаковые травы имеют большое количество мелких цветков, что затрудняет процесс кастрации. На основе различной реакции пыльников и семязпочки на повышенные температуры, возможно проводить кастрацию горячей водой. Например, при выдерживании соцветий костреца безостого в воде при температуре 46–47 °С в течение трех минут, при 48 °С в течение одной минуты можно вызвать искусственную мужскую стерильность. Оптимальные режимы можно подобрать и для других видов, например в тепличных условиях при помещении растений тимopheвки луговой в период цветения в камеры искусственного климата с температурой 0–5 °С.

При проведении отдаленных скрещиваний между видами и родами злаковых трав, резко отличающимися по срокам цветения, возникает необходимость хранения пыльцы в жизнеспособном состоянии. У райграса пастбищного пыльца сохраняет жизнеспособность в течение 39–40 дней при выдерживании в поливинилпирролидоне и последующем хранении в желатиновых капсулах при температуре – 20 °С. Разработаны также методы хранения пыльцы до 8–9 месяцев и ее использования в тепличных условиях.

Гетерозис

Сущность гетерозиса заключается в том, что в результате скрещивания двух наследственно разнокачественных особей получается потомство более продуктивное, чем каждая из исходных родительских форм. У гибридов по сравнению с родительскими формами улучшаются хозяйственно ценные признаки: повышается урожайность зеленой массы и семян, обильность, часто улучшаются и кормовые качества за счет увеличения содержания протеина.

Резко выраженный гетерозис наблюдается у гибридов первого поколения. Во втором и последующих поколениях урожай, как правило, снижается. Поэтому для многих культур рекомендуется использовать гибриды первого поколения, как наиболее урожайные.

Однако в селекции на гетерозис не все гибриды имеют повышенную урожайность, поэтому селекцию на гетерозис следует начинать с подбора родительских пар. Подбор сортов и линий, дающих при скрещивании высокоурожайное потомство, называют оценкой сортов и форм на комбинационную способность. Исходные родительские формы должны обладать высокой урожайностью, приспособленностью к местным почвенно-климатическим условиям, устойчивостью к основным болезням и другими

хозяйственно-ценными признаками. Для повышения эффекта гетерозиса важно, чтобы эти формы отличались по генетическому или географическому происхождению. Кроме того, они должны одновременно цвести и легко скрещиваться при свободном переопылении.

В качестве исходных родительских форм могут служить селекционные, местные, перспективные сорта-популяции, ценные биотипы, семьи, клоны, самоопыленные линии. Они должны обладать высокой комбинационной способностью. Общую комбинационную способность (ОКС) выявляют путем использования свободного опыления, поликросс-теста, топкросса или диаллельных скрещиваний. При свободном опылении, поликросс- и топкросс-методах сорта, биотипы, линии высевают на одном участке для взаимного переопыления. При диаллельных скрещиваниях у фертильных растений ОКС выделяют путем искусственного скрещивания, у стерильных растений злаковых трав — путем ограниченно свободного переопыления на изолированных участках или в изолированных боксах теплицы. Общую комбинационную способность определяют, сравнивая продуктивность потомства переопыленных растений со средней по опыту.

На основании данных оценки общей и специфической комбинационной способности проводят подбор перспективных гетерозисных пар, каждую из них высевают на изолированном участке для свободного переопыления обычным способом. Эффект гетерозиса от свободного переопыления гибридных семян F_1 оценивают в предварительном сортоиспытании при сплошном посеве.

В сортоиспытании целесообразно принять следующую схему оценки:

Районированный сорт-стандарт;
Компонент А без переопыления;
Компонент Б без переопыления;
 $F_1 \text{ ♀ А} \times \text{♂ Б}$ с участка переопыления;
 $F_1 \text{ ♀ Б} \times \text{♂ А}$ с участка переопыления;
($\text{♀ А} \times \text{♂} + \text{♀ Б} \times \text{♂ А}$) с участка переопыления.

При использовании смесей гибридных семян необходимо контролировать результаты искусственного и свободного скрещиваний, а также выявлять возможности упрощения схемы получения гибридных семян в производственных условиях.

Эффект гетерозиса зависит от полноты переопыления подобранных компонентов. У многолетних трав при свободном переопылении происходит внутрисортовое переопыление и даже самоопыление. Наиболее рациональный путь обеспечения 100%-ного переопыления компонентов скрещивания — это использование самонесовместимости и цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС).

Создание гетерозисных гибридов F_1 на основе мужской стерильности включает следующие этапы:

- поиск растений со стерильной пылью;
- создание стерильных линий или биотипов;
- выявление лучших сортов-популяций по хозяйственно ценным показателям и выделение внутри них наиболее ценных биотипов и линий на фертильной и стерильной основах;
- оценка комбинационной способности отдельных сортов, биотипов или линий с помощью искусственного скрещивания без кастрации;
- перевод на стерильную основу наиболее ценных материнских форм;
- создание гетерозисных гибридов на основе цитоплазматической мужской стерильности и их оценка в сортоиспытании.

Использование гетерозиса на основе ЦМС имеет большое значение в селекции многолетних злаковых трав, являющихся факультативными перекрестноопылителями, у которых довольно большой процент семян образуется при самоопылении в пределах популяции и даже в пределах одного растения. Предпосылками к целесообразности использования гетерозиса F_1 на основе ЦМС у злаковых трав являются высокий коэффициент размножения, обилие пыльцы, открытое цветение и ветроопыление.

Поиск растений с мужской стерильностью целесообразно проводить среди образцов, характеризующихся высокой урожайностью и комбинационной способностью, отвечающих требованиям кормопроизводства по комплексу хозяйственно ценных признаков.

Поиск стерильных растений проводят с начала цветения, просматривая пыльники каждого растения. Пыльники со стерильной пылью не раскрываются, они щуплые и пустые. Стерильность выделенных растений проверяют лабораторным путем. Для этого пыльники с четырех–пяти цветков раздавливают на предметном стекле в растворе йода в йодистом калии. Под микроскопом при 100-кратном увеличении жизнеспособная пыльца окрашивается в ярко-коричневый или бурый цвет, зерна выполнены, имеют видимую энзиму и интиму. У злаковых трав фертильная пыльца, помимо ядра, имеет два хорошо видимых спермия. Стерильные пыльцевые зерна не окрашиваются, имеют сморщенную оболочку, лишены содержимого, по размеру меньше нормальных. Содержание стерильной пыльцы во всех цветках одного растения постоянно, пыльцу для анализа можно брать с любого цветка. У растений 100%-ная стерильность встречается редко.

Растения со стерильностью 90–100 % используют для создания стерильных линий. Для этого мужско-стерильные растения клонируют и высевают на изолированном участке при индивидуальном размещении растений. Растения оценивают по степени стерильности; обладающие наиболее высокой стерильностью используют как источник для формирования стерильной линии.

Чтобы поддержать и закрепить стерильность клонов, ведут поиск фертильного аналога, обладающего способностью сохранять и закреплять

стерильность в потомстве. Для этого растения с мужской стерильностью опыляют пыльцой фертильных растений изучаемых сортов, биотипов, растений. Растения фертильного аналога целесообразно подбирать из сортов, обладающих высокой комбинационной способностью. В скрещивания включают также фертильные растения сорта, из которого были выделены стерильные растения.

Эту работу целесообразно совмещать с выявлением специфической комбинационной способности изучаемых сортов, биотипов, линий на стерильной основе, используя клоны мужско-стерильных растений в качестве материнской формы.

Полученные гибридные семена высевают в контрольном питомнике гибридов (по 50–100 растений каждой комбинации при индивидуальном размещении), где проводят оценку каждого растения по стерильности.

Фертильные растения-опылители, обеспечивающие в потомстве 90–100 % стерильных растений, выделяют и используют как закрепители стерильности. В питомнике свободного переопыления на изолированном участке проводят предварительное размножение стерильной линии. Семена линии получают со стерильных растений.

Линии с высоким уровнем мужской стерильности используют для выявления комбинационной способности. При создании гетерозисных гибридов лучше всего использовать пары, опылитель которых одновременно является и закрепителем стерильности. При оценке гибридов F_1 проверяют не только степень гетерозиса, но и степень стерильности пыльцы в гибридном потомстве, выявляя гибриды, сочетающие высокий гетерозис в F_1 с высоким содержанием в потомстве стерильных растений. Когда скрещивание со стерильным растением дает в F_1 высокий гетерозис, целесообразно перевести материнский компонент на стерильную основу.

Это делают с помощью насыщенных скрещиваний. Этот метод основан на том, что ЦМС передается потомству по материнской линии. Степень стерильности насыщаемого сорта, линии, биотипа при последовательных скрещиваниях со стерильным аналогом может возрасти до 100 %. С помощью искусственного скрещивания стерильное растение или линию А опыляют пыльцой исходного насыщаемого сорта Б, являющегося материнской формой перспективной гетерозисной пары. В гибридном потомстве отбирают стерильные и наиболее ценные по хозяйственным показателям растения, которые вновь опыляют пыльцой сорта Б.

Полученный стерильный аналог используют в качестве исходной материнской формы гетерозисной пары с дополнительной проверкой эффекта гетерозиса в F_1 . Новая стерильная линия может быть использована для создания гетерозисных гибридов.

Во ВНИИ кормов выявлены и размножены клонированием растения ежи сборной с цитоплазматической мужской стерильностью и закрепители стерильности к ним, на их основе получены стерильные линии.

Создание сложногибридных популяций

Метод создания сложногибридных популяций широко применяют в селекционной работе с перекрестноопыляющимися видами многолетних трав. В основе метода лежит гибридизация сортов, биотипов или клонов, подобранных по одному или комплексу полезных признаков.

Если исходным материалом для сложногибридных популяций служат селекционные, дикорастущие образцы или местные сорта, проводят межсортовое переопыление. При использовании в качестве исходного материала отдельных линий, клонов, биотипов их переопыляют соответственно на межлинейном, биотипическом или клоновом уровнях.

В зависимости от биологических особенностей растений и задач селекции применяют различные методы создания сложногибридных популяций: эволюционный, периодического отбора, эколого-географический.

Эволюционный метод используют в селекции на признаки, контролируемые естественным отбором, например, семенную продуктивность, кустистость, устойчивость к неблагоприятным климатическим условиям.

Если ставится задача повысить качество растений, то широко применяют периодический отбор.

При использовании эколого-географического метода в селекции сложногибридных популяций в качестве исходных форм берут не отдельные биотипы или клоны, а популяции, различающиеся по эколого-географическому происхождению.

Создание сложногибридных популяций включает следующие этапы:

- подбор образцов, оценка в питомнике исходного материала. Каждый образец должен быть представлен не менее чем 100 растениями при индивидуальном размещении с площадью питания 50×50 и 50×100 см;
- отбор лучших растений и их размножение в условиях изоляции семенами, клонами, созданием инцухт-линий;
- переопыление отобранных семей в питомнике поликросса и получение семян Syn1, Syn2. Переопыление может быть однократным, двукратным или многократным в зависимости от направления и задач селекции. Семена каждой исходной формы собирают отдельно и вновь высевают на следующий год;
- оценка в селекционном питомнике исходных компонентов (семей, клонов, биотипов, инцухт-линий) по общей или специфической комбинационной способности и отбор лучших сложногибридных популяций;
- оценка лучших сложногибридных популяций Syn1 и Syn2 в контрольном питомнике по основным биологическим и хозяйственным признакам, отбор и размножение на изолированных участках перспективных сложногибридных популяций.

Полученные сложногибридные популяции прежде всего рассматривают как исходный материал для селекции, иногда необходима дальней-

шая селекционная доработка полученного материала путем негативного отбора, режимов использования травостоев, разных сроков посева. После этого перспективные популяции поступают в предварительное и конкурсное сортоиспытание.

Для оценки популяций по комбинационной способности проводят скрещивания с последующим испытанием потомства. Комбинационную способность оценивают по продуктивности, зимостойкости, скороспелости, облиственности, устойчивости к болезням и вредителям.

Основное внимание уделяют определению общей или специфической комбинационной способности изучаемых образцов, которая требует больших затрат труда и времени. Это связано с тем, что специфическая комбинационная способность контролируется меньшим числом генов, поэтому более изменчива и варьируется в зависимости от генотипа и условий окружающей среды.

Важным моментом при определении комбинационной способности является правильный выбор тестера. В качестве тестеров пригодны формы с узкой генетической основой, позволяющие оценивать специфическое действие генов. Наилучшим тестером для оценки ОКС является популяция, имеющая широкую генетическую основу (синтетический сорт), или тестеры, у которых определена их собственная комбинационная способность.

Для определения комбинационной способности применяют следующие скрещивания: диаллельные, поликросс, топкросс, свободное опыление.

При диаллельных скрещиваниях исследуемые образцы скрещивают друг с другом во всех комбинациях. Берут средние данные от F_1 и F_2 , полученные во всех скрещиваниях одного образца, и сравнивают с такими же данными для всех остальных образцов.

При использовании метода топкросса оценку ОКС селективируемого материала проводят при скрещивании с общим тестером. При этом сокращается число гибридных комбинаций и объем работы.

Метод поликросса целесообразно применять для оценки комбинационной способности большого числа отобранных растений, в качестве тестера при поликроссе используют механическую смесь всех испытываемых образцов.

При использовании метода поликросса наиболее ответственным является закладка питомника. При этом необходимо учитывать биологические особенности культуры, число испытываемых образцов, наличие семян. В этом питомнике отобранные формы размещают таким образом, чтобы каждый образец свободно опылялся пыльцой всех других образцов. Для того чтобы крайние делянки были опылены, питомник со всех сторон окружают широкой полосой растений, выращенных из смеси семян всех испытываемых образцов.

При закладке питомника топкросса применяют посев сорта-тестера на широких полосах, между которыми высевают опыляемые растения образцов. Такой способ размещения позволяет уменьшить число повторностей и применять механизированный посев анализируемых образцов.

Для полноты опыления необходимо, чтобы сроки цветения подобранных образцов совпали. Поэтому при формировании сложногибридных популяций группировку селекционного материала проводят, в первую очередь, по признаку одновременности цветения.

Для многолетних злаковых трав создают генофонды самоопыленных линий (клонов), селективируемых на скороспелость, зимостойкость, облиственность, устойчивость к болезням и другие признаки.

Большое практическое значение имеет получение сложногибридных (синтетических) популяций на полиплоидном уровне.

При создании сложногибридных синтетических популяций (тетраплоидных форм) возникает новая генная система и нарушается сбалансированность исходных диплоидных популяций. Чтобы создать сбалансированную генную систему на тетраплоидном уровне, необходимо получить новые сочетания генов путем гибридизации и отбора. В таких популяциях действуют свои закономерности на генном уровне, способствующие поддержанию гетерозиса на высоком уровне. Полиплоидия способствует закреплению гетерозиса не только в первом, но и в последующих поколениях.

В селекции многолетних злаковых трав широко используют метод создания сложногибридных популяций на уровне межклонового переопыления. Суть его заключается в ограниченно-свободном переопылении растений-клонов, отобранных по комплексу хозяйственно ценных признаков. При работе этим методом сначала закладывают питомник отбора биотипов из различных сортов, образцов, гибридов, каждый из которых должен быть представлен не менее чем 100–150 растениями при индивидуальном стоянии. В пределах сортов и образцов отбирают биотипы по фенотипическим признакам (раннеспелые, высокооблиственные, позднеспелые, высокоотавные), с учетом продуктивности, устойчивости к болезням, качества корма, а у гибридных форм — по числу хромосом.

Для оценки выделенных элитных растений из них закладывают клоновый питомник, где продолжают фенотипические наблюдения (сроки цветения, семенную продуктивность, поражаемость болезнями, темпы отрастания, облиственность, долголетие, однородность, отличимость). Для сравнительной оценки урожайности кормовой массы, элитные растения высевают на небольших делянках (2–5 м²), стандарт располагают через 8–10 образцов, травостой ежегодно скашивают 2–3 раза в зависимости от вида трав.

На основе полученных данных выделяют лучшие растения, которые повторно клонируют и пересаживают на изолированный участок в питом-

ник поликросса. Оптимальным вариантом для питомника поликросса является размещение клонов по схеме латинского квадрата, когда все клоны размещаются рендомизированными повторностями, число которых равно общему числу клонов. Каждый клон в блоке высаживают рендомизированно рядами из нескольких особей, число повторений не превышает 10.

В питомнике поликросса семена собирают отдельно по клонам и высевают в специальном питомнике для оценки общей комбинационной способности по урожайности воздушно-сухой массы, зеленой массы, облиственности, числу генеративных и вегетативных побегов, поражаемости болезнями. Способ посева может быть различным — сплошной, широко-рядный, площадь делянки — 5–15 м², повторность трех-, четырехкратная, стандарт располагают через 8–10 номеров.

Для создания сложногибридных популяций многолетних злаковых трав используют небольшое число клонов (4–10), отобранных по хозяйственно ценным признакам и общей комбинационной способности. Эти клоны пересаживают из питомника поликросса на новый изолированный участок, где их переопыляют между собой и, собирая семена все вместе, получают первое поколение нового синтетического сорта Syn1

При первых пересевах Syn1 мощность и продуктивность сорта заметно снижается, но в дальнейшем сорт практически стабилизируется, поэтому изучение и оценку синтетического сорта доводят до Syn3–Syn4.

При селекции на устойчивость к болезням целесообразно применять прием создания синтетического сорта (сложногибридной популяции) на основе самоопыленных линий. Для этого в питомнике отбора, заложенном в условиях индивидуального размещения, отбирают растения, особо устойчивые к основным болезням (кострец безостый — к гельминтоспориозу, ежа сборная — к ржавчине, мучнистой росе, тимофеевка — к гетероспориозу и т. д.)

Отобранные растения самоопыляют в течение одного–двух поколений. Для самоопыления применяют различные изоляторы, которым покрывают целое растение или отдельные соцветия. Таким образом получают самоопыленные (инбредные) линии.

Дальнейшую работу с этими линиями осуществляют по обычной программе создания синтетического сорта на основе межклонального переопыления, и в течение двух–трех лет изучают и оценивают отобранные линии и проводят жесткую их браковку по основным и сопутствующим признакам. Отобранные лучшие линии включают в питомник поликросса для переопыления и сбора семян по линиям.

Каждую линию после переопыления оценивают по общей комбинационной способности, лучшие по этому признаку линии (4–10) вторично переопыляют между собой и получают Syn1 синтетического сорта. Дальнейшая работа сводится к размножению и испытанию последующих поколений сложногибридных популяций.

Межвидовая и межродовая гибридизация

Межвидовая и межродовая гибридизация (отдаленная гибридизация) используется в случае, если селекционер ставит задачу получить новые формы в сочетании признаков родительских форм, сильно отличающихся друг от друга.

Метод отдаленной гибридизации находит широкое применение при скрещивании райграсов с овсяницами, различных видов мятлика, тимофеевки, пырея, житняка.

При отдаленной гибридизации определенную сложность представляет преодоление барьера несовместимости отдельных видов и преодоление стерильности гибридов.

Для преодоления несовместимости на этапах развития после оплодотворения разработан метод эмбриокультуры, когда зародыш материнских растений опрыскивают 0,001%-ным раствором гебберелиновой кислоты для стимуляции начала роста.

Зародыш вычленивают на 14–18-й день и выращивают на агаровом субстрате модифицированной среды Гамборга В5. Гибридный зародыш инкубируется в течение трех дней в темноте, а затем выдерживается при 24-часовом фотопериоде с интенсивностью светового потока люминесцентных ламп.

Для отдаленной гибридизации выделяются по одному или нескольким признакам лучшие растения из коллекционных или клоновых питомников (продуктивность, кустистость, облиственность, зимостойкость, устойчивость к болезням).

Гибридизацию можно проводить как в полевых, так и тепличных условиях. При скрещивании злаков в теплицах растения исходных образцов выкапывают в апреле–мае, клонируют и пересаживают в сосуды или ящики. После выметывания соцветий проводят удаление пыльников. Кастрированные растения изолируются с помощью пергаментных пакетиков. Для переопыления родительские формы в сосудах или ящиках размещают рядом друг с другом, цветущие отцовские соцветия помещаются под один общий изолятор с материнской формой. При гибридизации в полевых условиях проводят кастрацию пыльников, опыление проводят путем переноса срезанных соцветий отцовской формы к материнским растениям.

При проведении отдаленной гибридизации злаковых трав процент завязывания семян колеблется в зависимости от видов и исходных популяций от 20 до 0,2 % от числа опыленных цветков.

При скрещивании разнохромосомных видов идентификация проводится, в первую очередь, по числу хромосом в соматических клетках, которые, как правило, имеют промежуточное положение между родительскими формами, например, при скрещивании овсяницы луговой ($2n = 14$) и

овсяницы тростниковой ($2n = 42$) гибриды имеют набор хромосом ($2n = 28$). Для определения подлинности гибридов используются также генетические маркеры-признаки, передаваемые по отцовской линии.

Для увеличения выхода гибридов у злаковых трав используется метод эмбриокультуры, зародыши выделяются на 17–18-й день после оплодотворения из завязи в асептических условиях препаравальной иглой под микроскопом, помещаются в колбу на агаровую питательную среду.

Колбы с зародышами в течение двух суток инкубируются в темноте, а затем — при освещении 3–5 тыс. люкс. Через 4–6 недель при образовании двух–трех настоящих листьев и нормально развитых корней растения высаживают в сосуды с почвой. В дальнейшем проводится идентификация гибридов, плодовитость и стабильность.

Для повышения фертильности гибридов в качестве родительских форм лучше использовать индуцированные тетраплоиды или же переводить стерильные гибриды на тетраплоидный уровень.

Во втором случае злаки клонируются на отдельные побеги, у которых отрезают корни, а под точкой роста делают отверстия. Затем побеги помещают на 24 часа в 0,2%-ный водный раствор колхицина с добавлением 2%-ного диметилсульфоксида и насыщением кислородом. Побеги тщательно проливают и высаживают в селекционный питомник. Из точек роста выделяются новые побеги, которые подвергаются цитологическому анализу для выявления амфидиплоидов.

Гибриды $2n = 28$, $2n = 42$ отличаются высокой фертильностью, и отбор на обсемененность не вызывает больших сложностей.

В последующих поколениях расщепление практически не наблюдается, можно формировать популяции с ценными хозяйственными признаками.

У гибридов F_2 и в последующих поколениях отмечают фазы развития, определяют продуктивность кормовой массы и семян, высоту растений, число стеблей, междоузлий, облиственность, массу 1000 семян, всхожесть семян, процент щуплых семян.

Индукцированный мутагенез

Для получения мутаций используют разнообразные источники излучения, а так же химические вещества, позволяющие в сотни раз повысить выход мутаций по сравнению со спонтанным их появлением.

Для успешного применения мутагенеза в селекции необходимо достаточное число семей от отдельных облученных растений, так как большинство спонтанных и индуцированных мутаций являются неблагоприятными и бесполезными. Для дальнейшей работы отбирают встречающиеся в небольшом количестве мутанты с положительными изменениями.

Измененные гены могут мутировать вновь в исходное состояние. Этот процесс называют обратной мутацией. Прямые и обратные мутации происходят с неодинаковой частотой. Большинство мутаций являются рецессивными по отношению к исходному состоянию. Поэтому при скрещивании мутанта с его исходной формой растения F_1 будут соответствовать исходной форме по признаку, вызванному мутацией.

Измененный аллель может быть передан следующему поколению лишь в том случае, если мутация произойдет в половой клетке. Если же она ограничена соматическими клетками, то исчезает вместе с растением при завершении им жизненного цикла. Соматическую мутацию можно сохранить, если изолировать комплекс клеток с такой мутацией и регенерировать из него полноценный индивидуум, чего можно достичь с помощью культуры клеток и тканей.

Частота мутаций пропорциональна дозе облучения, т. е. здесь существует линейная зависимость между дозой облучения и частотой мутаций. Нередко эта связь нарушается, вследствие того, что генетические изменения происходят только в части клеток семян. Это может повлечь за собой конкуренцию между тканями, несущими один или несколько измененных генов, и тканями, не затронутыми генетическими изменениями. Мутантные ткани часто бывают ослаблены по сравнению с нормальными, и они могут быть подавлены по сравнению с нормальными. Это может привести к снижению частоты улавливаемых мутаций.

Для получения мутаций объект можно подвергать облучению или в течение короткого промежутка времени (если интенсивность облучения велика), или же в течение более длительного времени (при меньшей интенсивности облучения). Гораздо больше эффект облучения зависит от стадии клеточного деления. Облучение на стадии покоя ведет к фрагментации хромосомы в целом, причем часть фрагментов соединяется и образует новые комбинации типа транслокаций. Облучение на стадии профазы ведет к хроматидным абберациям, которые образуют фрагменты и воссоединяются независимо одна от другой.

Большинство хромосомных разрывов восстанавливается и лишь небольшая их часть ведет к образованию новых комбинаций хромосомных сегментов. Восстановление хромосомных разрывов замедляется, если облучаемые объекты подвергнуть центрифугированию или воздействию ультразвука. При этом увеличивается частота структурных хромосомных перестроек.

Кроме рентгеновских лучей, для индуцирования мутаций применяются так называемые жесткие, т. е. обладающие высокой энергией виды облучения. Источником гамма-лучей в лабораторных условиях может служить радиоактивный кобальт (Co_{60}), помещенный в кобальтовые пушки. Дозу облучения можно регулировать, изменяя расстояние от источника излучения до объекта.

Ультрафиолетовые лучи имеют значительно бóльшую длину волны, а потому и меньшую энергию, и обладают меньшей проникающей способностью. Однако ультрафиолетовые лучи могут проникать в мельчайшие объекты (пыльцевые зерна, бактерии и т. д.), вызывая в них довольно высокую частоту мутаций.

В работе с каждой культурой нужно исходить из ее особенностей: способа опыления, пloidности, чувствительности к облучению. В зависимости от особенностей облучают сухие или проросшие семена, отдельные почки, пыльцу или целые растения. При этом нужно учитывать, что незрелые половые клетки более чувствительны, чем зрелые; сухие семена более чувствительны, чем намоченные; полиплоидные клетки более устойчивы, чем диплоидные и гаплоидные, гибридные растения дают больший выход мутаций. В большей степени эффективность индуцированного мутагенеза зависит от обрабатываемого материала.

Особенно ценным является изменение резистентности растений под влиянием излучения. Обычно к растению-хозяину, к белковому составу его клеток приспособлен определенный патоген. Небольшое изменение в наборе белков в результате мутаций нарушает это приспособление и может сделать растение устойчивым.

Индукцированный мутагенез дает возможность получать у селекционных сортов, обладающих комплексом ценных признаков, мутацию, которая изменяла бы один признак, не затрагивая других качеств сорта.

Поскольку большинство мутаций связано с переходом генов из доминантного в рецессивное состояние аллеля, то из двух аллелей одного гена обычно мутирует только один. Наряду с измененным рецессивным аллелем, всегда имеется еще и неизмененный доминантный аллель. Поэтому у растений M_1 еще нельзя обнаружить образование рецессивной мутации, отбор мутаций в M_1 не следует проводить.

Целесообразно часть семян ежегодно в течение нескольких поколений облучать повторно (многократное облучение). После нескольких облучений проводят отбор, однако следует учесть, что от одного облученного поколения к другому радиочувствительность растений повышается, поэтому при повторных облучениях дозы нужно уменьшить.

Семена, собранные с растений M_1 высевают отдельно по семьям для получения M_2 , из которого отбирают измененные формы. Отобранные растения изолируют от других форм и опыляют между собой в пределах семьи (сестринское скрещивание). В семьях M_2 , которые происходят от растений M_1 , являющихся носителями мутаций, наряду с растениями исходного типа, будут обнаружены и мутантные формы, так как гены, ставшие вследствие мутации рецессивными, перейдут в гомозиготное состояние.

Выявленные в M_2 генетически измененные растения выращивают в качестве линий M_3 (подтверждающее поколение), чтобы определить константность изменения. Начиная с M_3 , на изолированных площадках раз-

множают и изучают измененные растения. В последующих поколениях потомство измененных растений размножают и оценивают в предварительном и конкурсном сортоиспытаниях. Иногда лучшие потомства семей в M_3 , характеризующиеся сходными полезными признаками, свободно перепыляют между собой и объединяют для создания синтетического сорта. Целесообразно проводить также скрещивания мутантов с различными сортами потому, что новый мутантный ген может давать разный эффект в растениях с разной наследственной основой. Положительные результаты могут дать скрещивания однотипных мутантов, приводящие иногда к усилению определенного признака, а так же разных мутантов для получения форм, обладающих двумя ценными признаками (неполегаяемость, скороспелость).

Целесообразно испытывать мутанты в разных экологических условиях с целью выделения и сохранения всех потенциально ценных форм. Учитывая, что многолетние травы способны размножаться вегетативно, каждый ценный мутант M_2 и других поколений можно размножать черенками или корневищами.

В селекционной практике химическому воздействию подвергают, как правило, семена, пыльцу или вегетативные части растений. Химические мутагены применяют в газообразной фазе или в растворе. При обработке в газообразной фазе используют быстроиспаряющиеся мутагены, такие как этиленмин, и обработке подвергают пыльцу или вегетативные части. У вегетативно размножающихся растений обработку верхних меристем проводят в растворах или в газообразной среде с применением предварительной синхронизации делений пониженными температурами.

Наиболее разработанным и широко используемым методом химического воздействия является обработка семян в растворах мутагенов. При этом в качестве растворителя наиболее часто используют дистиллированную воду, иногда с кислым буфером (фосфатный, ацетатный рН 5,6).

Для снижения повреждающего действия корневой меристемы химическими мутагенами повышают рН раствора, применяют различные вещества, обладающие антимутагенным действием (гуанин, инозин, азид натрия). Иногда в качестве растворителя используют органические соединения (диметилсульфоксид, серный эфир).

Необходимо учитывать, что разные химические мутагены неодинаково растворяются в воде.

На частоту мутаций значительно влияет продолжительность обработки, которая в большой степени зависит от свойства семян или частей растений. Чем длительнее обработка, тем менее она эффективна, так как мутагены разлагаются в растворе и образуют токсичные вещества, что резко снижает всхожесть семян. Скорость размножения мутагена прямо пропорциональна температуре раствора и зависит от свойств мутагена. Оптимальная температура при обработке семян: + 20–25 °С. У некоторых куль-

тур при продолжительном замачивании семян нарушается их целостность или же семена слипаются. В этом случае следует использовать растворы повышенных концентраций и воздействовать на семена в течение 2–6 часов.

В экспериментальном мутагенезе успех работы определяется правильно выбранной дозой, которая в случае применения химических мутагенов складывается из концентрации и времени обработки (экспозиции). От дозы мутагена зависит не только количество, но и качество мутаций, которое меняется также от физиологических и морфологических особенностей, генетических особенностей, степени гетерогенности, числа и размера хромосом, возраста растений и других факторов.

Неодинаковая мутабельность проявляется не только у разных культур, но и у разных сортов одной культуры. Наиболее резко сортовая специфичность проявляется у самоопыляющихся культур. Многолетние злаковые культуры отличаются средней чувствительностью к мутагенам.

В начале работы с мутагенами необходимо установить оптимальные концентрации для изучаемых культур, используя показатели всхожести, выживаемости, морфологические изменения в M_1 , количество и качество выделенных мутационных форм в M_2 . Критерием предельных концентраций химических мутагенов по показателю выживаемости является летальная доза, при которой погибает 50 % организмов или клеток (ЛД-50).

При воздействии мутагенными факторами частота мутаций превышает природный мутационный процесс в 500–1000 раз. Однако для целенаправленного изменения у хорошо отселектированной формы в M_2 необходимо иметь не менее 10000 растений. Обычно в селекционной практике объем материала в M_2 составляет 3–10 тыс. растений.

Нормальные и мутантные ткани обладают различной жизнеспособностью, и, чтобы исключить их конкуренцию, растения M_1 выращивают при индивидуальном стоянии, создавая максимально благоприятные условия для их роста и развития.

Для большинства кормовых растений количество измененных клеток в зародыше не определено, и семена с растений M_1 необходимо отбирать только с первых зацветших побегов.

Выделение мутагенных форм наиболее целесообразно проводить в M_2 и M_3 , так как в этот период выщепляется более 60 % измененных растений, хотя возможно появление измененных форм и в более поздних поколениях, вплоть до M_8 .

Методика отбора и сохранения мутагенных форм наиболее полно разработана для самоопыляющихся культур. Основой отбора для самоопылителей является анализ отобранных растений в M_2 по семьям, выявление доминантных рецессивных мутаций и индивидуальный отбор.

Экспериментальная полиплоидия

Для получения полиплоидов наиболее эффективны некоторые химические мутагены, колхицин. Используют также и другие химические вещества, например закись азота, аценофтен, веротрин, фенилуретан.

Колхицин действует на механизм веретена в процессе митоза, что исключает расхождение дочерних хромосом в анафазе и цитокинезе, а это приводит к удвоению числа хромосом в клетке.

В литературе описано много различных приемов (около 80) получения у растений полиплоидов путем колхицирования. Все они различаются способами введения колхицина в растение, концентрациями растворов, экспозициями воздействия, а также фазой развития растения в период обработки. Однако процесс колхицирования во всех случаях проходит одинаково.

Идентичность механизма полиплоидизации клеток и тканей обуславливает и общность их получения и отбора.

Различают митотический и мейотический тип полиплоидизации. Митотический тип связан с нарушениями митоза в соматических клетках. Мейотическая полиплоидизация связана с нарушением процессов микро- и макроспорогенеза. В практической работе чаще применяется митотическая полиплоидизация, что обусловлено большей простотой полиплоидизации меристематических тканей, находящихся в процессе логарифмического роста, из которых в дальнейшем возникают полиплоидные спорогенные ткани, дающие начало полиплоидным гаметам с нередуцированным набором хромосом.

Колхицин используют в виде растворов в воде, агаре или глицерине, а также в виде ланолиновой пасты (смесь колхицина с ланолином). Раствором колхицина (в концентрациях 0,01–0,65 %) обрабатывают семена, проростки, точки роста, цветки, соцветия и целые растения.

Эффективность полиплоидизирующего действия колхицина в значительной мере зависит от темпа деления клеток во время воздействия. Поэтому необходимо обеспечить оптимальные условия роста растений во время обработки колхицином.

Характер изменений при колхицировании зависит от фазы развития растения в момент обработки. Самое глубокое и многостороннее влияние колхицина оказывает на рост и развитие молодых растений. Особенно резкие изменения происходят при обработке прорастающих семян.

При выборе объекта полиплоидизации существует несколько принципиальных положений. В первую очередь, исходное число хромосом, или исходный уровень ploидности, должны соответствовать оптимальному уровню полиплоидизации или геномному оптимуму, т. к. последующее увеличение числа хромосом приводит к отрицательным последствиям. Это относится и к естественным полиплоидам, увеличение числа хромосом у

которых в большинстве случаев приводит к депрессии.

Для полиплоидизации предпочтительнее брать культуры, возделываемые ради получения вегетативных органов (растения, выращиваемые на зеленый корм), чем виды, дающие урожай генеративных органов размножения (семена, зерновки).

Перекрестноопыляющиеся культуры более подходят для селекции на основе полиплоидии, чем самоопылители. Для обработки корней взрослое растение выкапывают, освобождают корни от земли и в течение одного часа несколько раз погружают их в раствор колхицина невысокой концентрации. Периодически растения переносят в воду. После обработки растения снова высаживают в почву.

Метод инъекции: раствор колхицина вводят в зону точки роста с помощью медицинского шприца.

Выделение полиплоидных растений по морфологическим признакам должно сопровождаться цитологической проверкой (подсчет хромосом под микроскопом). Однако в год обработки материала колхицином можно ограничиться предварительным выделением полиплоидов по морфологическим признакам.

Полученные мутанты и полиплоиды включаются в дальнейший селекционный процесс с применением отбора, гибридизации и соответствующих приемов формирования сорта.

Применение мутагенеза и экспериментальной полиплоидии в селекции многолетних злаковых трав недостаточно изучены и разработаны. Это связано с тем, что для многих видов и форм злаковых трав характерна широкая естественная полиплоидность. Особенно неустойчивы кострец безостый, мятлик луговой, овсяница луговая, овсяница красная. Более перспективны райграс пастбищный, житняк, тимopheевка луговая, ежа сборная, лисохвост луговой, райграс высокий, пырей бескорневищный, полевица белая.

При селекционной работе с многолетними злаковыми травами существуют определенные этапы селекционно-семеноводческой работы:

1. Сбор, пополнение, первичное изучение и отбор исходного селекционного материала.

2. Создание нового, перспективного селекционного материала в полевых условиях с нужными сочетаниями хозяйственно ценных признаков селекционными методами отбора, межсортовой гибридизации, поликросса, экспериментальной полиплоидии, химического мутагенеза, отдаленной гибридизации, экспериментальной полиплоидии и др.

3. Закрепление в потомстве нужного сочетания хозяйственно ценных признаков селекционного материала на основе последовательного отбора; оценка и отбор его в селекционных питомниках и на провокационных фонах.

4. Размножение лучших селекционных номеров на изолированных

участках. При создании сложногибридных популяций эти участки служат питомником поликросса. Семена, собранные на изолированных участках, используют для получения последующих поколений, выявления общей комбинационной способности, оценки номеров в контрольном питомнике, в сортоиспытаниях для повторной доработки.

5. Оценка в контрольном питомнике выделенных образцов (в сравнении со стандартами) в предварительном, конкурсном, экологическом и производственных испытаниях. Оценку проводят в условиях климата, почв, использования, близких или конкретных к тем, для которых предназначается сорт.

6. Первичное семеноводство сорта: предварительное размножение сорта в период государственного сортоиспытания для обеспечения сортоучастков семенами. После районирования сорта систематическое выращивание семян в питомниках сортосохранения предварительного размножения, суперэлиты и элиты. Для контроля над сохранением сортовых качеств периодически оценивают партии элитных семян в конкурсном сортоиспытании.

В зависимости от особенностей культуры, задач селекции, степени проработки материала возможно совмещение и сочетание отдельных этапов селекционного процесса. Можно совместить питомники изучения и создания исходного материала.

ПЕРВИЧНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА

Первичным исходным материалом для селекции многолетних злаковых трав служат отечественные и зарубежные сорта, местные популяции или сорта, дикорастущие популяции в определенных эколого-географических условиях, а также перспективные формы, полученные с помощью гибридизации, полиплоидии, индуцированного мутагенеза.

Семена исходных образцов можно получать из коллекций ВИР, обмена с другими научно-исследовательскими учреждениями или сбора дикорастущих популяций в различных природных условиях.

При создании нового исходного материала для выведения сорта определенного хозяйственного значения необходимо привлекать возможно более разнообразные по происхождению и условиям формирования образцы, которые имеют признаки будущего сорта.

Чтобы выбрать из коллекции исходные образцы, перспективные и отвечающие задачам селекционной работы, необходимо знать происхождение этих образцов. Для этого можно воспользоваться описанием дикорастущих образцов (популяций), отчетами научно-исследовательских институтов, изучающих данный вид, форму или сорт. Эти сведения могут быть использованы при селекции в питомниках, в которых проводятся

оценка и выявление образцов для конкретных почвенных и климатических условий с учетом предназначения будущего сорта. Продолжительность такого изучения в коллекционном питомнике обычно — 3–4 года, а при изучении долголетия — 5–6 лет.

Полученные коллекционные образцы регистрируют в специальном журнале–каталоге, где каждому образцу дают номер, вносят его исходные данные (когда и откуда получен образец, его происхождение, масса, посевные качества, отличительные морфологические признаки семян), отмечают, как образец использован в селекционной работе.

При закладке коллекционного питомника и изучении исходного селекционного материала учитывают количество семян, год сбора урожая, посевные качества и дату определения всхожести семян. Следует предусмотреть резервный запас семян всех образцов в случае гибели или необходимости повторного посева оригинальных семян.

Часть оригинальных семян каждого образца следует хранить без посева до конца изучения в коллекционном питомнике в специальных хранилищах.

Коллекционный питомник желательно закладывать 2–3 года подряд, чтобы изучить собранные образцы при различных метеорологических условиях. Образцы с малым количеством семян размножают на изолированных участках или в теплице.

Коллекционный питомник закладывают удлиненными делянками с учетной площадью 2–5 м² и более, в двух–трех повторениях. Стандарт высевают через 10, иногда через 5 номеров. В качестве стандарта используют селекционный или местный сорт, районированный в зоне деятельности учреждения, если нет такого сорта, то стандартом служит перспективный селекционный, или местный сорт, районированный в других областях с аналогичными почвенно-климатическими условиями. Способ посева в коллекционном питомнике одновидовой (за исключением специальной оценки в травосмесях), беспокровный, сплошной рядовой (10 см). Применяют несколько пониженную норму посева, чтобы не допускать излишнего загущения в рядах. При недостатке семян можно закладывать питомник без повторностей, применяя широкорядный или гнездовой посев с индивидуальным размещением растений.

Посев на делянках коллекционного питомника проводят селекционными сеялками, обеспечивающими достаточно точную регулировку нормы посева, или вручную — по маркеру, посевной доске или шнуру, с предварительным отвешиванием (или отмериванием) семян на делянку или каждый рядок делянки.

Для закладки коллекционного питомника выделяют участки с типичными для зоны плодородными, окультуренными почвами и выровненным рельефом. Агротехника и предшественники должны быть общепринятыми для данного вида трав в этой зоне. Изучение образцов по устойчиво-

сти к болезням, вредителям и неблагоприятным условиям среды (зимо- и морозостойкость, засухоустойчивость и т. д.) проводят в специальных питомниках при создании искусственных провокационных фонов.

Для сравнительного изучения и описания образцов их размещают в питомнике по географическому и экологическому происхождению, биологическому типу и другим признакам, если какой-либо образец представлен оригинальными семенами и репродукциями из других мест, то их следует высевать рядом в пределах одного блока.

Полевая нумерация делянок всех питомников посева данного года должна быть единой, без повторения одного и того же номера. Если делянки располагают в нескольких ярусах, то их нумеруют в смежных ярусах «челночно», в первом ярусе слева направо, например с 1 по 30 номер, во втором — справа налево, с 31 по 60 и т. д., между делянками оставляют дорожки (45–60 см.)

Для характеристики роста и развития, устойчивости и продуктивности изучаемых образцов, реакции на различные неблагоприятные условия (оттепели, засуху, ледяную корку, поражение болезнями и др.) в питомнике проводят фенологические наблюдения, глазомерные оценки и описания, измерения, взвешивания и другие виды полевого учета.

Перед укосами или подкосами, имитирующими очередные стравливания, проводят следующие учеты и наблюдения:

- глазомерно оценивают характер облиственности прикорневой и стеблевой части по трехбалльной шкале (1 — слабая, 2 — средняя, 3 — хорошая);
- измеряют высоту травостоя в 5–10 местах на каждой делянке. При сенокосном использовании злаковых трав высоту отмечают по ярусам: вегетативный — укороченные побеги и нижние стеблевые листья; генеративный — стебли с соцветиями. У костреца безостого вегетативный ярус укороченных побегов выражен слабо, у него и у других злаков (тимopheвки луговой, райграса высокого, двукисточника тростникового), кроме генеративных стеблей, хорошо выделяется ярус удлиненных вегетативных побегов. Высоту этих ярусов травостоя измеряют отдельно. При пастбищном использовании многолетних злаковых трав ярусность травостоя обычно не выражена, поэтому измеряют только общую высоту. Все промеры высоты проводят при естественном положении надземных органов, без вытягивания стеблей, побегов и листьев, а измерение вытянутого стебля характеризует не высоту травостоя, а длину стебля.
- проводят комплексную глазомерную оценку мощности роста (показатель урожайности) по пятибалльной шкале (1 — очень низкая, 2 — низкая, 3 — средняя, 4 — высокая, 5 — очень высокая).

По результатам наблюдений, оценок и описаний можно судить о составе популяции. При четких различиях между биотипами популяции их описывают отдельно и указывают приблизительную долю каждого из них

(1 %). Затем травостой скашивают и скошенную массу немедленно удаляют с делянок.

Глазомерную оценку отдельных образцов, наиболее перспективных по мощности и структуре травостоя, сопровождают непосредственным учетом урожая надземной массы. Перед уборкой травостоя в нескольких местах делянки набирают горстями или выжинают серпом пробный сноп (1 кг) для последующего определения выхода сухого вещества, структуры урожая, анализа засоренности. После отбора пробного снопа скашивают и взвешивают зеленую массу со всей делянки (включая массу пробного снопа). Отбор, сушку и хранение пробных снопов следует проводить осторожно, чтобы не перепутать, не потерять и не сломать побеги, листья и соцветия.

Для определения структуры урожая пробный сноп анализируют в воздушно-сухом состоянии. Если число одновременно учитываемых образцов, число пробных снопов невелико, то для большей точности желательно выделять сорные растения и подсчитывать количество побегов различных категорий в сыром снопе, затем высушивать выделенные фракции отдельно, а анализ структуры урожая по массе проводить уже в воздушно-сухом состоянии.

При определении урожайности для получения биологически сопоставимых результатов следует строго придерживаться сроков наступления укосной или пастбищной спелости образца и стандарта. Например, если в блоке спелость изучаемого образца отмечена 23 июня, а стандарта — 28 июня, то урожайность их учитывают соответственно не позднее 25 и 30 июня. Кроме того, если учет урожайности образца и его стандарта был проведен в первом укосе или подкосе (имитация скашивания), то его следует повторить и во всех последующих укосах и подкосах независимо от того, выделился ли данный образец в эти сроки по характеру и мощности роста. По указанным признакам отдельные образцы могут резко выделяться не в первом, а именно во втором и последующих укосах и подкосах. Урожайность таких образцов дополнительно определяют прямым взвешиванием в соответствующие сроки и в последующие годы.

Оценку и описание фито- и энтомоповреждений с указанием возбудителей болезней и вредителей в коллекционном питомнике проводят, как правило, дважды: перед первым укосом или подкосом (стравливанием) и в конце вегетации. Оценка проводят глазомерно по пятибалльной шкале. В описании кратко излагают характер повреждения и указывают наиболее пораженные или поврежденные части растений.

Помимо перечисленных наблюдений и учетов, в коллекционном питомнике проводят ряд дополнительных исследований в зависимости от конкретной задачи селекции.

Наблюдения и оценки в сплошном посеве часто представляют затруднение, так как приходится учитывать не только число растений, а чис-

ло и характер распределения побегов. В зависимости от вида, состава популяции и метеорологических условий часто наблюдается растянутость основных фенологических фаз, что затрудняет их регистрацию. Поэтому целесообразно ограничиться глазомерной оценкой наступления начала колошения (единичное колошение) и начала цветения (цветение). Наблюдения за наступлением цветения проводят рано утром (до 6–7 часов) у многолетних злаковых трав, кроме костреца безостого, житняка, ломкоколосника, пырея и полевицы белой, которые цветут после полудня (после 16–17 часов).

Укосной спелостью злаковых трав принято считать фазу массового колошения при уборке на сено, а пастбищных форм — перед колошением.

Для оценки исходного материала злаковых трав, особенно при сенокосном использовании, большое значение имеет учет изреживания травостоя под влиянием неблагоприятных погодных условий, складывающихся в осенне–зимне–весенний период, а также кущения растений в период вегетации. Количественная оценка этих процессов невозможна, поэтому рекомендуется пользоваться приемом схематизированной оценки плотности травостоя. Из-за малого размера делянок коллекционного питомника ограничивают минимальное число учетных накладок: 1–2 на делянку. Места положения фиксируют с помощью деревянных колышков, забитых в землю по углам накладки несколько ниже уровня скашивания.

Изреживание травостоя в коллекционном питомнике учитывают ежегодно осенью, за 10–12 дней до средней даты конца вегетации, то есть устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха осенью через + 5 °С, и весной в период массового отрастания, когда погибшие растения заметно отличаются от живых, вегетирующих.

К последнему году пользования в коллекционном питомнике имеется достаточный материал для сравнительной характеристики и оценки изучаемых образцов. Все образцы коллекционного питомника распределяются по группам:

- образцы, не имеющие ценности для дальнейшей селекционной работы и хозяйственного использования;
- образцы, представляющие интерес по ряду признаков и свойств для дальнейшей селекционной работы, но по устойчивости и продуктивности не вполне пригодные для непосредственного хозяйственного использования в местных условиях;
- образцы, ценные для дальнейшей селекционной работы и, в то же время, пригодные для непосредственного хозяйственного использования как новые сорта;

Образцы новой группы выбраковывают, а второй и третьей групп используют для селекционной работы, одновременно образцы третьей группы передают для оценки в контрольный питомник или предварительное сортоиспытание.

Перспективные образцы используют в виде семян или вегетативного материала (клонов). Для сбора семян оставляют травостой выделенных образцов в коллекционных питомниках, выкашивая все выбракованные образцы до начала цветения. Можно перспективные образцы размножить вегетативно (клонировать) и пересаживать для получения семян на изолированные участки. Вегетативный материал — растения или их части (отводки, побеги, черенки) с деленок коллекционного питомника пересаживают в селекционные питомники.

В коллекционном питомнике получают семенной материал каждого образца в условиях неизбежного взаимного переопыления с другими образцами. При вегетативной пересадке в селекционные питомники или теплицы переопыление исключается, но при этом не остается резерва посадочного материала перспективного образца, выращенного в коллекционном питомнике.

Резерв семян исходных образцов, оставленный перед закладкой коллекционного питомника, целесообразно использовать в селекционных питомниках как оригинальные семена, наряду с семенами того же образца, выращенного в местных условиях.

При изучении дикорастущих образцов многолетних злаковых трав, собранных в районах с резко континентальным климатом, необходимо учитывать, что в этих условиях часто встречаются полиплоидные формы отдельных видов. Так, среди образцов костреца безостого, собранных в районах горного Алтая, кроме диплоидных растений ($2n = 14$), имеются тетраплоидные ($2n = 28$) и гексаплоидные формы ($2n = 42$). Среди дикорастущих экотипов костреца безостого в Сибири обнаружены тетраплоидные формы ($2n = 28$).

У этого и других видов злаков в естественном генофонде может наблюдаться явление анизоплоидии — наличие в одном образце растений разного уровня ploидности.

В связи с этим при организации селекционной работы, для обеспечения однородного уровня ploидности исходного материала сбор семян в естественных популяциях необходимо проводить отдельно с каждого растения и использовать такие семена как самостоятельные образцы.

МЕТОДИКА И ТЕХНИКА ЗАКЛАДКИ СЕЛЕКЦИОННЫХ ОПЫТОВ С МНОГОЛЕТНИМИ ЗЛАКОВЫМИ ТРАВАМИ

Успешное проведение селекционной работы с многолетними злаковыми травами возможно лишь при соблюдении техники и методики закладки опытов, своевременном выполнении полевых работ.

Селекционные посеы целесообразно размещать в полях специального севооборота. Для этого выбирают типичные участки для природной

зоны, в которой проводят работу — по типу почвы, характеру рельефа, гидротермическому режиму, однородности почвенного покрова, выравненности по плодородию почвы.

Не следует располагать опыты ближе 50–100 м от жилых домов, животноводческих построек, лесные полосы должны быть не ближе 25 м от посевов. Недопустимо закладывать опытные посевы на склонах с резким изменением крутизны и на участках с выраженным микрорельефом (мелкие ложбины, блюдца, глубокие борозды). Типичность почвы определяют на основе имеющихся карт, в которых выявляют почвенную разновидность, механический состав, степень однородности почвы, особенности микрорельефа, глубину залегания грунтовых вод, агрохимическую характеристику почвы.

Предпочтительно выделять участки с горизонтальным рельефом или с небольшим однообразным уклоном не более 2,5 м на 100 м погонных.

Перед закладкой опытов проводят уравнительные и рекогносцированные посевы. Пестроту почвенного покрова участка, связанную с применяемыми в предшествующие годы агротехническими приемами, можно устранить введением в схему чередования культур севооборота чистого пара.

Схемы севооборотов зависят от особенностей культур и зоны. Для работы с многолетними злаковыми травами возможен севооборот со следующим чередованием культур: 1) пропашные; 2) зерновые; 3) многолетние злаковые травы первого года жизни; 4; 5; 6) многолетние злаковые травы второго–четвертого годов жизни.

Желательно, чтобы в течение предшествующих лет площадь опытного участка была полностью занята одной культурой, проводилась однотипная обработка почвы, равномерно вносились минеральные и органические удобрения, известь.

В процессе селекционной работы селекционер изучает и оценивает перспективный материал в различных питомниках: коллекционном, селекционном, поликросса, клоновом, контрольном, предварительного и конкурсного испытания, производственной оценки сорта, размножения перспективных номеров и районированных сортов.

На каждом этапе селекционного процесса решаются определенные задачи, что вызывает необходимость закладки питомника, различающихся по способу посева, числу вариантов и повторностей, площади делянок и их форме, способом размещения вариантов в повторностях.

Для предотвращения переопыления селекционного материала, выращиваемого на семена, выделяют пространственно-изолированные площадки. Можно использовать также клонирование отводками, корневищами, дернинками. На пространственно-изолированных площадках размножают селекционные образцы и закладывают питомники поликросса.

Для изолированных площадок выделяют вдоль одной из боковых сторон поля длинную полосу шириной около 10–20 м. На ней проводят размножение образцов различных видов трав, за исключением того вида, на поле которого размещен изолированный посев. Площадь изолятора для каждого номера определяют, исходя из количества размножаемого материала.

Для закладки изолированных площадок используют вне севооборотные участки, экрановую изоляцию из высокорослых культур.

На первом этапе селекционного процесса (питомники исходного материала, селекционные, клоновые, поликросса, изолированные площадки для размножения селекционных образцов) — посевы, в основном, гнездовые. По каждому номеру должно быть не менее 75–100 растений; в рядке — 20–25 растений.

Возможные схемы размещения гнезд в зависимости от вида трав: 45 × 25, 45 × 45, 60 × 45, 90 × 45, 90 × 90, 120 × 120 см. В одно гнездо высевают 5–8 семян, при высадке рассады в одном гнезде размещают 1–2 растения, затем при прореживании в гнезде оставляют одно лучшее растение. На втором этапе селекционного процесса (контрольные питомники и предварительное сортоиспытание) применяют сплошной способ посева. Площадь делянки контрольного питомника — 3–5 м², повторность трех-, шестикратная, предварительного сортоиспытания — 10 м², повторность четырех-, шестикратная, ширина дорожки между вариантами — 50–100 см в зависимости от вида трав. Третий этап — конкурсное сортоиспытание. Повторность вариантов четырех-, шестикратная, ширина междурядий — 15 см, площадь делянки — 25 м², ширина делянки должна быть кратной ширине захвата используемых машин, в том числе и малогабаритных.

В конкурсном и предварительном сортоиспытаниях, контрольных питомниках применяют систематическое и/или рендомизированное размещение вариантов при одно- и многоярусном размещении повторностей. Расстояние между ярусами должно составлять от 1 до 8 м. В питомниках поликросса для полноты опыления родительские компоненты располагают методом латинского квадрата. Лучшая форма делянок в селекционной работе — прямоугольная с отношением ширины к длине от 1 : 5 до 1 : 10, что позволяет лучше охватить пестроту участка и использовать механизацию. Ширину делянки выбирают в зависимости от ширины захвата жатки селекционных комбайнов и имеющихся сенокосилок или кратно этим величинам.

При планировании работы в конкурсном сортоиспытании необходимо предусмотреть не менее чем трехкратную повторность во времени, что позволит получить объективную оценку изучаемого материала в различных по влагообеспеченности и температуре погодных условиях. Если проводится экологическое испытание перспективных образцов в контрастных условиях, можно ограничиться двумя повторностями во времени.

Обработка почвы под селекционные питомники включает основную обработку, выравнивание, планировку, борьбу с сорной растительностью, многократную культивацию, предпосевное прикатывание.

Разбивку опытного участка проводят в день посева или за 1–2 дня до посева. Нельзя допускать слишком большого разрыва между разбивкой и посевом, т. к. дожди могут вызвать уплотнение почвы, а в сухую погоду наблюдается пересыхание верхнего слоя почвы.

Для разбивки участка необходимо иметь схему размещения опытов, теодолит или экер для построения прямых углов, шнур, стальную мерную ленту, 10–15 вешек длиной 1,5–2 м, деревянную колотушку, колышки. Работу по разбивке проводят 3–4 человека.

С помощью экера отбивают прямые углы и выделяют общий контур участка. При закладке опыта предусматривают защитные полосы не менее 5 м, а также защитные полосы между повторностями. В сортоиспытании выделяют концевые защитные полосы не менее 1–2 м.

Общий контур участка прочеркивают по шнуру и измеряют; расхождение в длине сторон не должно превышать 5–10 см на 100 м. После выделения общего контура опытный участок разбивают на ярусы и делянки с помощью мерной ленты или рулетки. Разбивку делянок можно проводить в каждом ярусе отдельно, на делянках контроля ставят колышки другого цвета.

Обязательно следует оставлять защитную полосу шириной 1–3 м между питомниками разных видов трав, так как высокорослые растения (кострец безостый) могут исказить результаты опытов на рядом расположенных делянках других культур.

Площадь под питомники с индивидуальным размещением растений маркируют с помощью маркера в соответствии с намеченной схемой.

После размещения схемы опыта на участке и проверки правильности всех работ по разбивке устанавливают фиксированные колышки по границе участка и отмечают их в схеме. По ним в любое время можно восстановить границы участка.

Все полевые работы на селекционных посевах следует выполнять единовременно, в сжатые сроки, аккуратно.

Посев вариантов в каждом питомнике, междурядные обработки проводят в течение одного дня. При вегетативном размножении злаковых трав посадку проводят дернинками, по возможности одинакового размера, при учете урожая делают выключки при повреждениях, вызванных стихийными явлениями.

ПРОВЕДЕНИЕ УЧЕТОВ И НАБЛЮДЕНИЙ

Морфология

Морфологические признаки учитывают путем глазомерной оценки, измерений и по балльным шкалам. Шкалы составляют для каждого питомника путем промеров (среднее из 30 измерений) на образцах или биотипах с крайним и средним выражением признака, с обязательным использованием стандарта:

- окраска листьев: светло-зеленая, зеленая, темно-зеленая без антоциана, темно-зеленая с антоцианом, сизо-зеленая и др. в зависимости от вида;
- поверхность листьев: матовая, блестящая на верхней или нижней сторонах;
- опушенность листьев: 0 — отсутствует, 1 — очень слабая, 2 — слабая, 3 — средняя, 4 — сильная, 5 — очень сильная;
- длина и ширина листа определяется по второму–третьему листу от соцветия и наиболее крупному листу вегетативного побега путем измерения (в сантиметрах) и по шкале: длинные, средней длины, короткие, широкие, средней ширины, узкие;
- восковой налет на листьях: 0 — отсутствует, 1 — слабый, 2 — средний, 3 — сильный. Определяется перед колошением легким потиранием поверхности листа, при этом восковой налет стирается и выступает более яркая окраска листа;
- степень мягкости листьев отмечают в фазе начала колошения, на ощупь: 5 — очень нежные, 4 — нежные (мягкие), 3 — средней мягкости, 2 — жесткие, 1 — очень жесткие;
- положение листьев в пространстве определяют в фазу массового колошения по балльной шкале: 0 — листья не повисающие, вверх торчащие; 1 — листья слабо повисающие (когда поникает верхняя часть листовой пластинки не более чем на $\frac{1}{3}$ ее длины); 2 — листья повисающие, но не более чем на половину длины; 3 — сильно повисающие, когда поникающая часть листовой пластины более половины ее длины;
- форма куста: прямостоячая сомкнутая, прямостоячая слегка раскидистая, полуразвалистая, развалистая, распластанная. Определяется при индивидуальном стоянии растений по положению побегов в пространстве в фазу кущения, в фазу массового выметывания и осенью, перед уходом в зиму;
- количество стеблей (кустистость) определяют в фазе цветения путем подсчета по шкале: 1 — очень мало, 2 — мало, 3 — среднее количество, 4 — много, 5 — очень много;
- соотношение генеративных и вегетативных стеблей определяется в фазе цветения путем подсчета и по шкале: 0 — генеративных побегов нет,

- 1 — единичные, 2 — мало, 3 — среднее количество, 4 — много (генеративные преобладают), 5 — генеративных очень много (вегетативных побегов почти нет);
- процент цветущих растений в первый год жизни отмечают перед уборкой. Растение считается цветущим даже при наличии одной видимой метелки или колоса;
 - высота растений определяется путем измерения (в сантиметрах) по шкале: 1 — очень низкие, 2 — низкие, 3 — средней высоты, 4 — высокие, 5 — очень высокие. Отмечают высоту большинства генеративных побегов для установления средней высоты и наиболее высокорослых — максимальной высоты. Одновременно измеряют высоту вегетативных побегов по такому же признаку;
 - ширина куста определяется у корневищных злаков (в сантиметрах) по двум горизонтальным направлениям весной, перед цветением и осенью;
 - число междоузлий на генеративных стеблях определяют в фазе начала цветения на трех стеблях в кусте с пяти кустов.
 - толщина стеблей (в сантиметрах) определяется в начале цветения у вполне развитых генеративных побегов. Измерение толщины производят в нижней четверти стебля и, кроме того, по шкале: 5 — стебли очень тонкие, 4 — тонкие, 3 — средней толщины, 2 — толстые, 1 — очень толстые;
 - грубость стеблей в фазе массового колошения (выметывания) оценивают баллами: 5 — очень нежные, 4 — нежные, 3 — средней грубости, 2 — грубые, 1 — очень грубые;
 - опушенность стеблей: 0 — отсутствует, 1 — очень слабое, 2 — слабое, 3 — среднее, 4 — сильное, 5 — очень сильное. Отмечается распределение опушения в различных частях стебля, мягкость и длина волосков;
 - величина соцветий определяется на развитых генеративных побегах в фазу цветения путем измерения (в сантиметрах) длины и ширины и по шкале: длинные, средней длины, короткие, широкие, средней ширины, узкие. Ширина метелок измеряется на наиболее длинной веточке, при отгибании ее перпендикулярно к оси соцветия.
 - количество мутовок соцветия и количество веточек в них определяют путем подсчета на развитых генеративных побегах фазу цветения;
 - форма соцветий определяется глазомерно на развитых генеративных побегах в фазу цветения. Отмечают положение соцветий в пространстве (прямо стоячее, отогнутое, пониклое), плотность метелки (рыхлая, плотная), степень раскидистости (раскидистая, односторонняя, сжатая).
 - другие признаки: отмечают наличие остей (кострец, житняк), опушение на оси соцветия, веточек, колосковых чешуях, ветвистости султана тимфеевки, окраска соцветий.

Фенологические наблюдения

Фенологические наблюдения характеризуют особенности развития: темпы роста, отавность, скороспелость и другие признаки, поэтому их проводят во всех имеющихся питомниках в течение всего вегетационного периода и все годы жизни растения.

В год посева многолетних злаковых трав отмечают дату начала появления всходов и дату полных всходов, даты начала и полного кущения, состояние травостоя перед уходом в зиму и дату прекращения вегетации.

На второй год жизни и последующие годы испытания травостоя отмечают:

- начало вегетации;
- характер отрастания и интенсивность отрастания по 5-балльной системе (1 — очень слабая, 2 — слабая, 3 — средняя, 4 — хорошая, 5 — отличная);
- даты наступления фаз развития (выход в трубку, колошение, начало цветения, полное цветение, начало созревания семян, полное созревание);
- дату уборки на сено при сенокосном типе использования;
- фазу и дату скармливания при пастбищном использовании;
- дату уборки обмолота при использовании травостоя на семена;
- интенсивность отрастания после укусов или стравливаний;
- состояние травостоя перед уходом под зиму.

Фенологические наблюдения лучше проводить одним специалистом ежедневно при наступлении основных фаз на двух смежных повторностях и отмечать средний показатель. Началом фазы считается тот момент, когда она наступает у 10 % растений, при 75 % — считается наступление полной фазы. Процент устанавливается глазомерно.

Дату начала всходов регистрируют, когда намечаются рядки, фазу полных всходов — когда рядки четко обозначены, фазу начала кущения отмечают при появлении первых боковых побегов, фаза выхода в трубку отмечается при росте генеративных побегов до момента выметывания. Фазу начала колошения или выметывания отмечают при появлении колоса или метелки на $\frac{1}{3}$ общей длины, фазу полного выметывания при массовом появлении метелок или колосьев — на полную длину. Фазу начала цветения — при появлении пыльников у 10 % растений, фазу полного цветения — у 75 % растений. Цветение не у всех видов злаковых трав начинается в одно и то же время. Так у тимофеевки луговой цветение начинается в ранние утренние часы, у ежи, овсяницы луговой, райграса пастбищного — в 10–11 часов утра, у костреца безостого — во второй половине дня (15–16 часов). После цветения необходимо следить за ходом созревания семян и отмечать фазу молочной, восковой и полной спелости, дату уборки семян.

Общее состояние травостоя перед уходом в зиму оценивают глазомерно по пятибалльной шкале от 1 до 5. Баллом 5 оценивают деланки с хорошо развитым травостоем, с равномерной густотой стояния растений. Баллом 1 — деланки с редким, плохо развитым травостоем, поврежденным болезнями и вредителями.

За дату прекращения вегетации принимают последний из пяти дней, каждый из которых имел суточную температуру не выше 0 °С.

ОЦЕНКА СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Для оценки селекционного материала используют прямые, косвенные и провокационные методы, чтобы на разных этапах селекционного процесса дать исчерпывающую оценку по хозяйственно ценным признакам и свойствам кормового значения, так как приходится иметь дело с большим количеством очень разнообразного исходного и селекционного материала.

К прямым методам относятся полевые, лабораторно-полевые и лабораторные. Косвенные методы применяют при анализе морфологических, физиологических, биохимических или цитологических показателей, связанных с изучаемыми признаками и свойствами. Например, сравнительную зимостойкость определяют по содержанию сухого вещества и углеводов в корнях и т. д.

Провокационными методами оценивают зимостойкость, засухоустойчивость, устойчивость к болезням и вредителям и другие признаки растений по реакции на различные факторы среды.

Косвенные и провокационные методы дают, как правило, приближенные данные, но они помогают исключить часть материала из трудоемкой и длительной полевой оценки.

Изучение селекционного материала следует проводить в тех условиях, для которых планируется создаваемый сорт. Следует также применять агротехнику и способы использования, рекомендуемые для соответствующего вида трав в данной зоне.

Чтобы повысить точность оценки, необходимо тщательно выполнять требования по закладке опытов и технике проведения всех полевых работ.

Свойства растений, оцениваемые в селекционном процессе, очень многообразны и зависят от вида многолетнего злака, направления и задач селекции.

Основной особенностью оценки селекционного материала многолетних злаковых трав является то, что ее проводят двумя параллельными путями: в питомниках с индивидуальным размещением растений и в сплошных травостоях, близких по структуре к производственным.

В селекционных питомниках — питомниках отбора, гибридизации, мутагенеза, полиплоидных, клоновых, которые закладывают с индивидуальным размещением растений, в основном проводят глазомерную оценку по пятибалльной системе. Определяют мощность растений, характер и уровень облиственности, кустистость, высоту, пораженность болезнями и вредителями, реакцию на неблагоприятные метеорологические условия и т. п. Прямой учет взвешиванием, измерениями, анализами, с пересчетом показателей на одно растение проводят по основным хозяйственно ценным признакам (продуктивность кормовой массы и семян).

Выделенные перспективные образцы оценивают в контрольном питомнике и конкурсном сортоиспытании, при посеве сплошным способом в чистом виде или в травосмеси.

В контрольные питомники для оценки включают большое количество номеров, чтобы отобрать лучшие для посева в конкурсном сортоиспытании. Площадь контрольных питомников, как правило, составляет 3–5 м², площадь конкурсного сортоиспытания — 15–25 м².

Продуктивность зеленой массы

Урожайность кормовой массы является основным показателем ценности сортов. При сенокосном использовании учет продуктивности у злаковых трав в средней полосе проводят при двуукосном использовании; первый укос — в фазу полного выметывания, второй укос — по мере достижения укосной спелости (высота травостоя). При трехукосном использовании первый укос проводят в фазу выхода в трубку, последующие укосы — по мере достижения высоты.

Для имитации пастбищного использования, как правило, проводят 3–4 скашивания при достижении травостоем высоты 15–25 см. При возможности делянки с испытуемыми травами размещают непосредственно на пастбище, одновременно с его закладной.

Перед учетом проводят глазомерную оценку травостоя по плотности и выравненности, поражения болезнями, определяют его высоту. Затем травостой скашивают и берут пробный сноп по всей длине прокоса в разных местах горстями весом 0,5–1,0 кг для определения выхода сухого вещества и определения ботанического состава и засоренности, затем зеленую массу взвешивают и удаляют с делянки, к этому весу прибавляют вес взятой пробы.

Выход сена или сухого вещества

Для определения выхода сена или сухого вещества одновременно со скашиванием травостоя берут пробный сноп. Пробу помещают в марлевый

мешок, внутрь кладут этикетку, на которой указывают дату укоса, номер делянки и повторности, порядковый номер укоса, вес зеленой навески.

Мешок с пробой подвешивают в проветриваемом помещении, высушивают, затем пробу взвешивают и вычисляют содержание воздушно-сухой массы, т. е. урожай сена. Пересчет на абсолютно-сухое вещество проводят с учетом содержания гигроскопической влаги или высушивания их в бюксах при + 100–105 °С в сушильном шкафу до постоянной массы. Эти пробы используют для структурного анализа. В местах с повышенной влажностью воздуха пробы сразу помещают в сушильный шкаф при невысокой температуре.

При индивидуальном стоянии растений в селекционных, клоновых и других питомниках для определения выхода сухого вещества растения срезают серпом, овечьими ножницами, количество срезаемых растений может варьировать в зависимости от общего высеянного количества.

Семенная продуктивность

Семенную продуктивность селекционного материала определяют при посеве образцов в чистом виде по оптимальной агротехнике. Для большинства видов — это широкорядный посев, а также посев с индивидуальным стоянием растений.

Травостой скашивают со всей учетной площади делянки малогабаритным комбайном, косилкой или серпом. Обмолоченные семена доводят до кондиций по чистоте и всхожести.

При оценке семенной продуктивности обязательно проводят анализ структуры травостоя для определения биологического урожая. Этот анализ позволяет охарактеризовать способность изучаемого растения к плодообразованию в данных условиях, оптимальное сочетание вегетативных и генеративных стеблей.

В семенных травостоях определенное изменение числа растений на единицу площади, компенсируется увеличением их продуктивной кустистости. В равномерно разреженном травостое можно получить более высокие урожаи семян, поэтому целесообразно вести наблюдения за проявлением этого свойства.

Анализ структуры урожая

Анализ структуры урожая позволяет раскрыть динамику урожайности разных сортов и образцов в зависимости от условий выращивания и использования травостоя, реакцию на изменение условий произрастания, а также для косвенной оценки качества корма.

Показателями структуры урожая кормовой массы являются соотношения числа и массы побегов различных категорий или частей побегов на

единице площади или на растении. Структура травостоя меняется с возрастом и по укосам, причем у разных видов и сортов неодинаково. Особенно важно проводить анализ в первый и последний годы пользования травостоем.

Пробы для анализа структуры урожая отбирают непосредственно перед укосом или стравливанием.

В питомнике оценки биотипического состава структуру урожая определяют по отдельным растениям.

При анализе пробы, побеги разделяют на следующие категории

- генеративные — несущие соцветия;
- удлинённые вегетативные — стебли с явно удлинёнными междоузлиями, но не несущие соцветия;
- укороченные вегетативные — стебли без удлинённых междоузлий и соцветий.

Для определения структуры урожая часто используют пробы, отобранные для анализа ботанического состава травостоя.

После разбора пробы подсчитывают побеги каждой категории и результаты записывают.

После подсчета приступают к анализу структуры урожая. Отдельные категории побегов разделяют на фракции. Генеративные побеги разделяют на соцветия (метелка, султан или колос), соломину и листья (с влагалищами). Удлиненные вегетативные побеги — на соломину и листья.

Укороченные вегетативные побеги не разделяют.

Листья со стебля отделяют последовательно (начиная снизу), переламывая стебель над узлом и сдергивая листовую пластину вместе с влагалищем.

Каждую фракцию взвешивают, и результаты записывают.

Кроме того, могут быть вычислены и другие показатели:

- а) масса 100 побегов (г), характеризующая среднюю мощность побегов (массу побегов той или иной категории умножают на 100 и делят на число побегов);
- б) число побегов в 1 кг сена; этот показатель характеризует грубостебельность корма (число побегов в пробе умножают на 1000 и делят на общую массу пробы, затем определяют число побегов по категориям);
- в) число побегов на 1 м², характеризующее плотность травостоя (общее количество побегов в 1 кг сена умножают на урожайность и делят на 100). Таким же образом можно рассчитать и число побегов по отдельным их категориям.

Для анализа структуры семенного травостоя пробы берут перед уборкой семян с площадок 0,25–0,50 м², не менее чем в двух повторностях. При анализе проб определяют число растений, генеративных и вегетативных побегов на единице площади, число соцветий (в среднем на 25 побегах), обсемененность соцветий (10–20 соцветий), массу 1000 семян

в граммах, выход полноценных семян (%) после обмолота и очистки всей пробы, всхожесть семян (%).

Высота травостоя

Высота травостоя часто является косвенным показателем урожайности. Установлены прямые корреляционные связи между высотой травостоя и урожайностью ($r = 0,78$).

С увеличением высоты травостоя может снижаться содержание протеина и увеличиваться содержание клетчатки.

Высота травостоя служит одним из критериев определения сроков скашивания или стравливания травостоев, а также показателем пригодности сорта к механизированной уборке семян.

Высоту травостоя определяют в динамике через 10 дней или по фенофазам.

Высотой считается расстояние от поверхности почвы до конца соцветия растений без вытягивания побегов. Кроме высоты травостоя определяют также уровень расположения основной массы листьев. На полегших травостоях измеряют длину растений от основания до верхушки вытянутых стеблей. На каждой делянке проводят 10–20 измерений, затем вычисляют средний показатель.

По показателям длины и высоты растений рассчитывают степень полегания травостоя.

Густота стояния

Для определения густоты стояния подсчитывают число растений и стеблей на единицу площади. Для этого используют постоянно закрепленные площадки (не менее $0,50 \text{ м}^2$). Повторность трех-, четырехкратная.

При закреплении постоянных площадок на ряд лет их отмечают либо рамкой из проволоки и закрепляют по углам шпильками, либо деревянными колышками, которые забивают ниже уровня скашивания.

В первый год жизни густоту стояния определяют при появлении полных всходов и перед уходом в зиму. В травосмесях учитывают каждый компонент отдельно.

Густоту стояния при глазомерном наблюдении оценивают по пятибалльной шкале: 1 — плохая, 2 — ниже средней, 3 — средняя, 4 — хорошая, 5 — отличная.

Ботанический состав травостоя

Ботанический состав травостоя — важный показатель, особенно при оценке конкурентоспособности сортов в травосмеси.

При анализе ботанического состава пробы разделяют по следующим фракциям: растения испытываемого сорта или вида, другие компоненты травосмеси бобовые или злаковые; несеянные виды, разнотравье. Выделенные фракции различного ботанического состава взвешивают. Полученные данные используют для вычисления содержания основного компонента травосмеси в процентах и изменение его содержания по годам жизни.

Определение облиственности

Листья и соцветия значительно больше содержат питательных веществ, чем стебли, поэтому облиственность является одним из важных показателей питательной ценности сорта. Облиственность определяют в процентах: массу листьев умножают на 100 и делят на общую массу листьев и стеблей, можно также вычислить выход листьев в центнерах с 1 га.

Для определения облиственности можно использовать пробы, взятые в момент учета урожайности для определения выхода сена и разбора на ботанический состав. К фракции «листья» относят листовые пластины с влагалищами, взятые с генеративных и вегетативно-удлиненных побегов и целиком вегетативные укороченные побеги. Соцветия можно выделить в отдельную фракцию «соцветия».

Питательность и химический состав

Питательность многолетних злаковых трав точнее всего можно оценить по содержанию переваримых органических веществ (сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира безазотистых экстрактивных веществ).

Питательную ценность трав определяют на всех этапах создания сорта прямыми химическими методами. На анализ берут образцы со всех проводимых укосов. Если образцы мало различаются по продолжительности вегетативного периода, пробы отбирают со всех делянок одновременно. Если же образцы сильно различаются между собой, то пробы лучше отбирать по мере наступления определенной фазы развития.

В питомниках с индивидуальным размещением растений срезают в кусте по 2–3 стебля с 30 растений каждого сортообразца на высоте 5–6 см.

В сплошных посевах срезают пучками в разных местах (не менее 10) примерно 400–500 г. Зеленую массу измельчают, хорошо перемешивают, затем берут среднюю навеску (примерно 100 г) для определения содержания питательных веществ.

Чтобы проба правильно отражала изучаемую популяцию, методика отбора частей пробы должна быть случайной, без субъективного подхода.

Переваримость сухого вещества *in vitro*

Возможности использования показателя переваримости в селекции многолетних трав существенно расширились после введения в лабораторную практику метода *in vitro*, основанного на определении степени переваривания корма с помощью ферментов пепсина, целлокандина или других ферментов аналогичного действия. Этот метод не требует больших затрат, дает возможность быстро определить переваримость сухого вещества в небольших пробах. Для анализа берут пробы, высушенные в сушильном шкафу при температуре + 65 °С до воздушно-сухого состояния и измельченные на частицы размером 1 мм. Из проб берут навески по 0,5–0,6 г в трех–четыре повторностях, помещают в стеклянные центрифужные пробирки емкостью 60–100 мл и хранят до начала опыта при температуре + 38 °С.

В пробирки автоматической пипеткой добавляют по 50 мл 0,2%-ного раствора пепсина в соляной кислоте (2 г сухого медицинского препарата пепсина на 1 л 0,1%-ной HCl). Закрывают пробками и выдерживают в термостате 24 часа при температуре + 38–40 °С. Периодически (не менее трех раз в сутки) содержимое пробирки перемешивают вручную так, чтобы частицы корма не оставались на стенках пробирок. Затем центрифугируют в течение 5 мин при 2500 об/мин, надосадочную жидкость удаляют водоструйным насосом и фильтровальной трубкой.

К остатку в пробирках приливают 50 мл раствора целлюлозы — 5 г целлокандина в 1 л цитрат-фосфатного буфера с рН 4,6 и помещают в термостат на 48 часов при + 38–40 °С. Периодически содержимое пробирок перемешивают вручную. Надосадочную жидкость удаляют водоструйным насосом, остаток промывают 50 мл дистиллированной воды, центрифугируют и снова отсасывают надосадочную жидкость. Пробирки с остатком помещают в сушильный шкаф, высушивают при + 105 °С до постоянной массы и после охлаждения в эксикаторе взвешивают с погрешностью до 0,001 г.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений. Допустимое расхождение не должно превышать 3 %.

Кроме того в лабораторные определения желательно включать контрольный образец корма с известной переваримостью сухого вещества, определенной непосредственно на животных. Это позволяет вносить коэффициент поправки и сравнивать данные, полученные в разное время.

Зимостойкость

Достоверную оценку зимостойкости можно получить при использовании прямых полевых методов, из которых наиболее объективным явля-

ется подсчет перезимовавших и погибших растений согласно методике определения густоты стояния травостоя. Его следует сочетать с определением характера повреждений, причин гибели растений и с глазомерной оценкой по пятибалльной шкале: 1 — перезимовало 15–20 % растений, 2 — погибло больше половины растений, 3 — погибло 40–50 %, 4 — погибла незначительная часть растений (20–30 %) и 5 — заметной гибели растений нет.

Делянку осматривают с двух сторон. Часто используют дробный метод подсчета, при котором все делянки разбивают на определенное число частей, это особенно важно, если наблюдается неравномерное выпадение растений.

В последнее время все большее значение приобретают лабораторные методы оценки морозостойкости, так например, метод промораживания, который облегчает работу селекционеров, особенно на первых этапах, когда из большого числа форм, гибридов и линий необходимо отобрать более морозостойкие. Продолжительность этого метода 20–25 дней.

Лучшие результаты получаются при промораживании проростков или наклюнувшихся семян. Работать с монолитами конечно сложнее и для этого требуется более дорогостоящее оборудование.

К косвенным методам оценки морозостойкости можно отнести анализы по определению содержания сахаров в зоне кущения перед уходом в зиму, концентрации клеточного сока, соотношения свободной и связанной воды.

Наряду с отрицательным действием отрицательных критических температур причиной гибели растений являются их выпревание, вымокание, выпирание, действие ледяных корок, ослабленность при поражении болезнями.

Оценку устойчивости селекционного материала необходимо вести с учетом комплекса неблагоприятных условий роста. При оценке устойчивости к выпреванию можно искусственно увеличивать высоту снежного покрова до 70–100 см и выдерживать под ним растения в течение длительного времени.

Оценку устойчивости к вымоканию проводят на пониженных участках с возможным застоем вод.

Для изучения устойчивости к неблагоприятным факторам в разные периоды перезимовки применяют прямые методы — монолитов, посева в ящики, сосуды или на стеллажи, определение жизнеспособности узла кущения с использованием красителей, а также косвенные методы оценки.

Засухоустойчивость

В селекции на повышение засухоустойчивости применяют лабораторные, полевые, провокационные и косвенные методы оценки. Для диагностики засухоустойчивости всходов семена проращивают на растворах

сахарозы, полиэтиленгликоля с известным осмотическим давлением. Число всходов, образовавшихся через 7–14 дней у разных сортообразцов, косвенно указывают на их засухоустойчивость. Для определения засухоустойчивости молодых растений их в возрасте трех недель помещают в камеры искусственного климата и выдерживают 17 дней при заданном режиме температуры и влажности. Затем растения возвращают в теплицу, в течение трех недель поливают и по характеру отрастания судят об их засухоустойчивости. При оценке взрослых растений можно учитывать способность к длительному сохранению тургора листьями при выдерживании растений в специальных камерах–засушниках.

В полевых условиях объективным показателем засухоустойчивости служит число погибших растений, масса растений, замедление темпов отрастания после скашивания. Важно установить для того или другого образца критический период — наиболее сильной реакции на засуху в процессе развития растения, для злаковых трав — это фаза выхода в трубку. Косвенным показателем засухоустойчивости служит степень снижения накопления сухого вещества в период засухи. При использовании этого метода для определения содержания сухого вещества пробы надо брать с интервалом 2–3 дня.

Провокационный метод определения засухоустойчивости — использование искусственных фонов путем установки на части делянок каркасов с полиэтиленовым покрытием, изолирующим от выпадения осадков. Степень реакции на почвенную засуху определяют путем сравнения продуктивности растений на укрытой и открытой части делянок.

Для оценки засухоустойчивости целесообразно использовать посеvy селекционного материала в разных географических точках с контрастными условиями проявления почвенной и атмосферной засухи.

Из косвенных методов определения засухоустойчивости могут быть использованы оценка по наличию опушения, воскового налета, по положению флагового листа в пространстве.

Солеустойчивость

Создание солеустойчивых сортов приобретает все большее значение при использовании засоленных земель Сибири, Казахстана, юго-востока России и др. Селекционную работу в этом направлении ведут в условиях, близких по климату к данной зоне.

Многолетние злаковые травы по солеустойчивости разделяют на следующие группы:

- высокоустойчивые (пырей бескорневищный, волоснец сибирский, лисохвост солончаковый, райграс однолетний, райграс высокий, пырей ползучий, бескильница);
- среднеустойчивые (житняки сибирский, пустынный и гребенчатый, ко-

стрец безостый, овсяницы луговая, красная и бороздчатая, мятлик луговой;

– - неустойчивые (ежа сборная, тимофеевка луговая).

Сравнительную оценку образцов, выращиваемых на засоленных почвах, в основном проводят глазомерным методом по пятибалльной шкале: по урожайности, реакции на характер и уровень засоления. Объективным показателем является процент погибших растений. Его устанавливают обычным методом по густоте травостоя и числу выпадающих растений. Предварительно проводят анализ химического состава почвы, определяют характер засоления (сульфатный, хлоридно-сульфатный и т. д.).

Для оценки солеустойчивости применяют и лабораторный метод проращивания семян в солевых растворах. Процент всхожести семян является показателем солеустойчивости. Характер засоления и содержания солей в растворе должны соответствовать засоленности почв в данном районе.

БОЛЕЗНИ МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ И УСТОЙЧИВОСТЬ К НИМ

Многолетние злаковые травы подвержены многочисленным заболеваниям, грибные болезни встречаются намного чаще других. В средней полосе, на наиболее распространенных видах являются наиболее вредоносными следующие заболевания:

Болезни тимофеевки луговой (*Phleum pratense* L.)

Чехловидная болезнь — *Epichloe typhina* Tul.

Гетероспориоз — *Heterosporium phlei* Gregory.

Сколекотрихоз — *Scolecotrichum graminis* Fckl.

Корончатая ржавчина — *Puccinia coronifera* Kleb. *f. alopecuri* Fr.

Спорынья — *Claviceps purpurea* Tul.

Болезни райграса пастбищного (*Lolium perenne* L.)

Снежная плесень — *Fusarium nivale* Ces.

Склеротиниоз — *Sclerotinia graminis* Elenov.

Тифулез — *Typhula idahoensis* Remsb.

Гельминтоспориоз — *Helminthosporium siccans* Drechsl. (syn. *Drechslera siccans* Chochr.).

Стеблевая ржавчина — *Puccinia graminis* Pers. *f. lolii* Er. et. H.

Спорынья — *Claviceps purpurea* Tul.

Болезни костреца безостого (*Bromopsis inermis* Four.)

Гельминтоспориоз — *Helminthosporium bromi* Died. (syn. *Drechslera bromi* Ito).

Буряя ржавчина — *Puccinia persistens* Plowr. *f. bromi* M. Cochr.

Спорынья — *Claviceps purpurea* Tul.

Обыкновенная корневая гниль — *Helminthosporium sativum* Pam. King et Bakke (syn. *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker).

Болезни ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.)

Снежная плесень — *Fusarium nivale* Ces.

Мучнистая роса — *Erysiphe graminis* DC f. *dactylidis* Jacz.

Мастигоспориоз — *Mastigosporium calvum* Ell. et. W. H. Davis.

Сколекотрихоз — *Scolecotrichum graminis* Fckl.

Спорынья — *Claviceps purpurea* Tul.

Болезни овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds.)

Снежная плесень — *Fusarium nivale* Ces.

Мучнистая роса — *Erysiphe graminis* DC f. *festucae* Jacz. (конидиальная стадия — *Oidium monilioides* Lk.)

Гельминтоспориоз — *Helminthosporium dictyoides* Drechsl. (syn. *Drechslera dictyoidea* (Drechsl.) Schoemaker.

Корончатая ржавчина — *Puccinia coronifera* Kleb. f. *festucae* Erikss.

Спорынья — *Claviceps purpurea* Tul.

Устойчивость отдельных образцов определяется путем визуального обследования селекционных питомников злаковых трав по основным фенофазам развития растений.

Первое обследование проводится ранней весной, после схода снега, в это время учитывается выпревание посевов (снежная плесень, тифулез, склеротиниоз).

Во время фазы колошения проводят второе обследование, во время которого отмечают развитие пятнистостей и мучнистой росы.

Во время фазы цветения отмечают развитие гетероспориоза, гельминтоспориоза, склеротиниоза, мастигоспориоза, сколекотрихоза и чехло-видной болезни.

Во время созревания семян, кроме пятнистостей, учитывают пораженность растений различными видами ржавчины и возбудителем спорыньи.

Учет развития болезней проводится по специальным шкалам в баллах.

Наиболее полному выявлению поражаемых или устойчивых форм растений, помимо фиксирования максимального балла поражения за ряд лет способствует вычисление распространенности (частоты встречаемости) и интенсивности развития болезни на различных сортообразцах.

Распространенность болезни (P) выражается в процентах и рассчитывается по формуле :

$$P = \frac{n \times 100}{N},$$

где N — общее число учтенных органов растения, n — количество пораженных органов растений.

Интенсивность развития болезни (R) вычисляется в баллах по формуле:

$$R = \frac{\sum(ab)}{N},$$

где $\Sigma(ab)$ — сумма произведений числа растений на соответствующий им балл поражения; N — общее число учтенных органов растения.

Восприимчивость сортов и сортообразцов изучаемых растений прямо зависит от степени распространенности болезни и от интенсивности развития заболевания [7].

ХРАНЕНИЕ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

При хранении селекционных образцов всхожесть семян большинства видов сохраняется в пределах трех–пяти лет, затем, по мере их старения, она начинает резко снижаться. Во время хранения семена должны находиться в местах, защищенных от грызунов при температуре не выше + 20 °С. Влажность воздуха также сильно влияет на продолжительность сохранения всхожести семян злаковых трав, которые отличаются повышенной гигроскопичностью. Для снижения влажности воздуха необходимо использовать максимально сухие помещения, а в емкости с семенами, при их герметичности, можно помещать различные влагопоглощающие вещества.

Хорошие результаты получаются при устройстве специальных хранилищ для семян, где они хранятся в условиях регулируемой газовой среды. Для максимальной сохранности семян, в этих хранилищах атмосферный воздух заменяется сухим азотом из баллонов под минимальным давлением. В этой атмосфере срок хранения семян при комнатной температуре возрастает в 4–5 раз: до 20 лет и более. Единственное неудобство применения такого хранения — это довольно быстрая потеря всхожести семян, извлеченных из азотной атмосферы.

Перед посевом и закладкой опытов, необходимо определить всхожесть семян сортообразцов, для корректировки количества высеваемых семян.

ОФОРМЛЕНИЕ ЗАЯВОК НА ДОПУСК СОРТА К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПАТЕНТА НА СОРТ

Лучшие сортообразцы, которые показали стабильные результаты, передаются в Государственное сортоиспытание с целью включения в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. В зависимости от назначения будущего сорта злаковой травы, сортообразец или направляется для прохождения испытания на продук-

тивность в полевых условиях или нет. Кормовые, пастбищные сорта испытываются в полевых условиях. Сорта газонного назначения испытания по продуктивности не проходят. Однако все сорта испытываются на однородность и отличимость от других, уже существующих сортов этой культуры.

Для включения сорта в Реестр, необходимо заполнить и подать следующие документы:

- 1) Заявление на включение сорта в Реестр. При положительном решении авторы получают право производить семена сорта для реализации, но не пользуются при этом юридической защитой сорта, правда, и пошлины платить не надо.
- 2) Заявление на выдачу патента. После положенных проверок сорта на его новизну, выдается патент, который гарантирует защиту нового сорта на территории России. При этом ежегодно взимаются все возрастающие пошлины.
- 3) Анкета сорта.
- 4) Описание сорта.
- 5) Фотографии растений сорта.
- 6) Формы по результатам испытаний растений сорта на отличимость, однородность. Эти результаты должны проводиться при двукратной по времени закладке соответствующих питомников.
- 7) Квитанции по оплате пошлины (в случае подачи заявки на выдачу патента).

Вся необходимая информация для оформления документов находится на сайте Госкомиссии по сортоиспытанию — www.gossort.com.

Литература

- Методические указания по селекции и первичному семеноводству многолетних трав. М.: Россельхозакадемия. 1993. 112 с.
- Методические рекомендации по применению математических методов для анализа экспериментальных данных по изучению комбинационной способности / Сост.: В.Г. Вольф и [и др.]. Харьков, 1980. 74 с.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 336 с.
- Хохрякова Т.М., Кривченко В.И. Методические указания по изучению устойчивости злаковых трав к возбудителям грибных болезней для условий Нечерноземной зоны РСФСР. Л.: ВИР, 1976. 66 с.
- Районированные и перспективные сорта кормовых культур селекции Всероссийского научно-исследовательского института кормов имени В.Р. Вильямса : Каталог. М.: Минсельхоз России, 2006. 66 с.
- Справочник по кормопроизводству. 4-е издание. М.: Россельхозакадемия, 2011. 700 с.
- ГОСТ Р 52325-2005 Семена сельскохозяйственных растений. Сортвые и посевные качества. Общие технические условия.
- Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. М., 2012. 384 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Методы создания селекционных сортов злаковых трав	5
Отбор	5
Гибридизация.....	7
Способы скрещивания многолетних злаковых трав	7
Гетерозис.....	10
Создание сложногибридных популяций	14
Межвидовая и межродовая гибридизация.....	18
Индукцированный мутагенез.....	19
Экспериментальная полиплоидия	24
Первичное изучение исходного материала	26
Методика и техника закладки селекционных опытов с многолетними злаковыми травами	31
Проведение учетов и наблюдений.....	35
Морфология	35
Фенологические наблюдения.....	37
Оценка селекционного материала	38
Продуктивность зеленой массы.....	39
Выход сена или сухого вещества	39
Семенная продуктивность.....	40
Анализ структуры урожая	40
Высота травостоя	42
Густота стояния	42
Ботанический состав травостоя	42
Определение облиственности	43
Питательность и химический состав.....	43
Переваримость сухого вещества <i>in vitro</i>	43
Зимостойкость	44
Засухоустойчивость	45
Солеустойчивость	46
Болезни многолетних злаковых трав и устойчивость к ним	47
Хранение селекционного материала	49
Оформление заявок на допуск сорта к использованию и для получения патента на сорт	49
Литература	50

Методическое издание

**Владимир Михайлович Косолапов,
Сергей Иванович Костенко,
Софья Владимировна Пилипко,
Валентина Семеновна Клочкова,
Наталья Юрьевна Костенко,
Евгения Евгеньевна Малюженец,
Надежда Васильевна Разгуляева,
Григорий Филиппович Кулешов,
Николай Михайлович Пуца,
Елена Константиновна Пампура,
Александр Игоревич Фомин.**

**Методические указания
по селекции
многолетних злаковых трав**

Корректор Т.Н. Куклева
Верстка, о-макет – Н. И. Георгиади
Обложка – Е.С. Борисова

Подписано в печать 22.08 2012 г. Формат 60×84¹/₁₆
Усл. печ. л. 3,0. Тираж 500 экз. Зак. 371

Издательство РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева
127550, Москва, Тимирязевская ул., 44
Тел.: 977-00-12, 977-26-90