

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

Институт экономики и агробизнеса

Кафедра агрономии, селекции и семеноводства

Н. С. ШПИЛЕВ

# **Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений**

**Методическое пособие**

**Курс лекций по направлению подготовки**

**35.06.01 Сельское хозяйство**

**Профиль подготовки**

**Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений**

Брянская область,

2018

УДК 631.53:631,527 (07)

ББК 41:3

P13

Шпилев, Н.С. Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений: Методическое пособие. Курс лекций / Н.С. Шпилев. - Брянск: Издательство Брянский ГАУ, 2018. - 94 с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для аспирантов направления подготовки 35.06.01 Сельское хозяйство. Курс направлен на формирование у аспирантов навыков владения основными методами и методиками создания нового исходного материала для селекции и совершенствования существующих методов и приемов селекционно-семеноводческой работы.

**Рецензент:** д. с.х н., профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства Дьяченко В.В.

*Рекомендовано к изданию Учебно-методической комиссией Института экономики и агробизнеса, протокол № 5 от 09 февраля 2018 г.*

© Брянский ГАУ, 2018

© Шпилев Н.С., 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

ТЕМА 1. ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СЕЛЕКЦИИ

ТЕМА 2. ЗНАЧЕНИЕ СОРТА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕЛЕКЦИИ

ТЕМА 3. ОТДАЛЕННАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ МЕТОДОМ ОТДАЛЕННОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ

ТЕМА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МУТАГЕНЕЗ

ТЕМА 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИПЛОИДИИ, АНЕУПЛОИДИИ И ГАПЛОИДИИ В СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ ПОЛИПЛОИДИЯ И СЕЛЕКЦИЯ

ТЕМА 6. СЕЛЕКЦИЯ ГЕТЕРОЗИСНЫХ ГИБРИДОВ

ТЕМА 7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ БИОТЕХНОЛОГИИ

ТЕМА 8. ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНИКА СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА

ТЕМА 9. УЧЕНИЕ ОБ ИСХОДНОМ МАТЕРИАЛЕ В СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ

ТЕМА 10. СОЗДАНИЕ, ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИРОВОГО ГЕНОФОНДА РАСТЕНИЙ.

ТЕМА 11 МЕТОДЫ ОТБОРА. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ОТБОРА.

ТЕМА 12. ВНУТРИВИДОВАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ

ТЕМА 13. ГОСУДАРСТВЕННОЕ СОРТОИСПЫТАНИЕ И РАЙОНИРОВАНИЕ СОРТОВ И ГЕТЕРОЗИСНЫХ ГИБРИДОВ

ТЕМА 14. ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ

ТЕМА 15. СЕМЕНОВОДСТВО ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

ТЕМА 16. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ СЕМЯН

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

## ВВЕДЕНИЕ

**Цель дисциплины** - формирование знаний и умений по методам селекции, организации и технике селекционного и семеноводческого процессов полевых и кормовых культур.

### **Задачи дисциплины:**

- изучить методы селекции основных полевых культур с целью их применения для решения вопросов по созданию новых форм сельскохозяйственных растений и оценки исходного материала.

- освоить практические навыки селекционного процесса, а также способность анализировать полученные данные и принимать решения на их основе. приобретение системы знаний о селекции и семеноводстве как отрасли, о сорте и его модели, селекционном процессе, исходном материале и методах его создания, методах оценки сортов по хозяйственно – ценным признакам, рассмотреть закономерности организации семеноводства и технологий производства высококачественных семян.

- изучить законы наследственности и наследования признаков и свойств;

- знать модификационную и генотипическую изменчивость;

- рассмотреть закономерности наследования при внутривидовой и межвидовой гибридизации, мутагенезе, полиплоидии, инбридинге;

- изучить использование ЦМС при получении межлинейных гибридов (кукурузы, подсолнечника, сорго, сахарной свеклы и др.).

**Дисциплина «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений»** включена в ОПОП, является обязательной дисциплиной подготовки аспирантов по направлению 35.06.01 - Сельское хозяйство, по профилю - Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений.

Для полноценного усвоения дисциплины аспирантам необходимо иметь знания по генетике, растениеводству, инновационным технологиям в агрономии, методам и методологии научных исследований в агрономии, селекции и семеноводству (в рамках курса специалитета или магистратуры).

Дисциплина «Селекция полевых культур» создает необходимую базу для успешного освоения аспирантами последующих дисциплин.

### **В результате изучения дисциплины аспирант должен:**

#### **Знать:**

1. Понятия о сорте и его значении в сельскохозяйственном производстве, классификацию исходного материала по степени селекционной проработки, гибридизацию, мутагенез, полиплоидию и гаплоидию, методы отбора, селекцию на важнейшие свойства, организацию и технику селекционного процесса, селекцию гетерозисных гибридов первого поколения, методику и технику сортоиспытания;

2. Теоретические основы семеноводства, сущность и технологию сортосмены и сортообновления, схемы и методы производства семян элиты, принципы и звенья семеноводства, систему семеноводства конкретных культур, технологии производства высококачественных семян, технологические основы послеуборочной обработки и хранения семян, сортовой и семенной контроль в семеноводстве.

**Уметь:**

1. Проводить индивидуальный и массовый отбор полевых и кормовых культур, владеть техникой скрещивания, оценивать сорта по хозяйственным признакам, планировать селекционный процесс, проводить расчет объема гибридных популяций, проводить статистическую обработку данных сортоиспытания, расчет семеноводческих площадей под культуры, сортовой и семенной контроль, оформлять документацию на сортовые посевы, планировать сортосмену для научно-производственных и сельскохозяйственных формирований.

**Владеть:**

Методами селекционного процесса и семеноводства сельскохозяйственных культур изучаемых по дисциплине.

**Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений** (полевых, плодовых и овощных культур) – область науки о методах выведения сортов и гибридов культурных растений, получения их высококачественных семян и посадочного материала.

**Области исследований:**

1. Разработка методов биотехнологии (культура тканей, клеток, пыльников, соматическая гибридизация, хромосомная и геномная инженерия и др.), а также методов искусственного мутагенеза, полиплоидии, гаплоидии и др. в целях создания нового исходного материала для селекции и совершенствования существующих методов и приемов селекционно-семеноводческой работы.
2. Экологическое, анатомо-морфологическое, эмбриологическое, физиолого-биохимическое и цитолого-генетическое изучение растительных ресурсов в связи с созданием форм с новыми признаками и свойствами для селекции и обоснование принципов и методов их эффективного использования в селекционно-семеноводческом процессе.
3. Методика, техника и технологические схемы селекционного и семеноводческого процессов. Разработка и совершенствование различных методов отбора, внутривидовой и отдаленной гибридизации.
4. Создание и селекционно-генетическое изучение нового исходного материала (гибридов, мутантов, гаплоидных, анеуплоидных и полиплоидных форм, клонов, инбредных линий, стерильных и фертильных аналогов, са-

монесовместимых форм и других компонентов аналитической, синтетической и гетерозисной селекции).

5. Разработка методов оценки урожайных, адаптивных и других хозяйственно-ценных свойств сортов, селекционного и семенного (посадочного) материала. Совершенствование принципов экологогеографического районирования сортов и зонального размещения семеноводческих посевов.
6. Методы и приемы поддержания генетической идентичности сортов. Методика и техника воспроизводства оригинальных сортовых семян и посадочного материала, сохранения сортовой чистоты, сортового и семенного контроля, анализа урожайных и посевных качеств семян (посадочного материала) в процессе семеноводства.

## Тема 1. ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СЕЛЕКЦИИ

1. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ.
2. ПЕРЕХОД ОТ ЭМПИРИЧЕСКОЙ СЕЛЕКЦИИ К НАУЧНОЙ.
3. РАЗВИТИЕ СЕЛЕКЦИИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПОЛОЖЕНИЙ ГЕНЕТИКИ И ДРУГИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК.

1. Селекционеров по праву называют конструкторами растительного мира. Управляя наследственностью, они создают новые высокоурожайные сорта и гибриды сельскохозяйственных культур с нужными человеку свойствами. Чтобы иметь правильное представление о современном состоянии селекции и о перспективах ее развития, необходимо, хотя бы вкратце, ознакомиться с историей формирования этой важной научной дисциплины.

Процесс введения в культуру диких растений и последующего их улучшения представляет одну из интереснейших страниц истории человечества. Большинство возделываемых ныне растений — это результат хотя и бессознательного, но последовательного, постепенного улучшения их в течение многих сотен и даже тысяч лет.

Селекция растений — одно из самых ранних достижений человека. Понятие «культурное растение» кажется нам само собой разумеющимся. Однако пришлось пройти длинный путь, прежде чем удалось превратить дикие растения в культурные формы.

Введение растений в культуру в последующем стало сопровождаться отбором нужных человеку типов растений. При этом земледелец подметил, что потомство от хороших растений может быть лучше, чем от плохих, и стал отбирать для посева семена с лучших растений.

Культурные растения различаются по давности возникновения. С незапамятных времен возделываются: полба, ячмень, дагусса, чумиза, просо, лен, кунжут, бобы, лук, виноград, оливковое дерево, финиковая пальма, таро, хлебное дерево, кокосовая пальма, банан, батат, ямс, маш, квиноа, маниок, фасоль, перец, грецкий орех, абрикос, лох, сорго, африканское просо, азиатский хлопчатник и др. Трудно даже приблизительно указать время введения этих растений в культуру. К очень древним культурным растениям можно отнести рис, овес, сою, сахарный тростник, горох, кукурузу, нут, редьку, джут, подсолнечник, дыню, арбуз и др.

На раннем этапе развития земледелия улучшение растений шло медленно. Искусственный отбор сначала был бессознательным, интуитивным, без какой-либо научной основы. Постепенно и очень медленно накапливались знания о растениях и отбор принимал более осмысленный характер.

Селекционерам сейчас редко приходится вводить дикие формы в культуру, они служат в основном донорами отдельных генов, передача которых культурным растениям позволяет существенно улучшить их отдельные признаки, например повысить устойчивость к болезням.

Дикие формы, давшие начало культурным растениям, отличаются от последних многими нежелательными признаками и свойствами, но эти их особенности в естественных условиях имеют решающее значение для существования растительных видов. Например, дикие формы зерновых культур имеют ломкий колосовой стержень и в некоторых случаях специфически устроенные ости, помогающие отломившимся колоскам самостоятельно внедряться в почву. Семена и плоды диких форм обычно мелкие (рис<sup>^</sup>-1). Зрелые плоды многих видов имеют приспособления для рассеивания семян (лопающиеся стручки у капустных, растрескивающиеся плоды у льна и мака и др.). Семена при отсутствии благоприятных условий для роста способны долгое время сохранять всхожесть.

Культурные растения отличаются от своих диких сородичей прежде всего тем, что они не имеют перечисленных выше отрицательных признаков и свойств или эти показатели выражены значительно слабее.

2. После того как был сделан шаг от бессознательного влияния на выращиваемые растения к сознательному их улучшению преимущественно путем отбора, был открыт путь для широкой эмпирической селекции, которая в значительной мере способствовала становлению земледелия и его прогрессу. Эмпирическая селекция основывалась на простых методах.

Получение путем искусственного отбора важных практических результатов способствовало тому, что он приобретал все более массовый характер. Так зародилась *народная селекция*, которая охватывала многовековой период и имела большие достижения во многих странах. Очень успешно ее вели и в России, где крестьянами было создано большое количество хороших сортов многих культур. Эти сорта, получившие название местных, формировались на протяжении длительного времени, в большинстве случаев при совместном действии искусственного и естественного отбора. Так были выведены замечательные местные сорта яровой и озимой пшеницы. Почти все они были широко использованы в последующем для создания селекционных сортов как в нашей стране, так и за рубежом.

К успехам народной селекции следует отнести непревзойденные по зимостойкости местные сорта пермского клевера, лучшие в мире местные сорта льна-долгунца, выведенные псковскими и смоленскими крестьянами.

Эта форма селекции хотя и была еще лишена научной основы, но она апробирована длительным периодом формирования основных типов современных культурных растений.

Развитие капитализма в конце XVIII и начале XIX в. в Западной Европе дало новые стимулы для организации сортового семеноводства как доходной статьи сельского хозяйства. В результате повысился интерес и к выведению новых сортов сельскохозяйственных растений. В связи с этим в данный период впервые были начаты целенаправленные селекционные работы организованы первые коллекционные питомники, созданы крупные семенные фирмы, промышленные селекционные пред-

приятия. В 1774 г. под Парижем была основана знаменитая семенная фирма «Вильморен», много сделавшая для первоначального развития селекции. На протяжении XIX в. появляются тысячи крупных и мелких семенных фирм в Германии, Великобритании, США. Так возникла *промышленная селекция*. К этому времени был выполнен ряд важных исследований по ботанике, а также проведены практические работы по селекции, включавшие в селекционный процесс ряд новых элементов. В числе исследователей в этом направлении первым следует назвать И.Г. Кёльрейтера, почетного члена Санкт-Петербургской академии наук, который в период с 1755 по 1806 г. в широких масштабах проводил скрещивания. В 1760 г. он получил межвидовой гибрид махорки (*Nicotiana rustica* L.) с табаком метельчатым (*Nicotiana paniculata* L.).

В конце XVIII в. английский селекционер Т. Найт (T.A. Knight) применял скрещивания разных форм гороха и вывел новые сорта, получившие распространение в практике. Его соотечественник П. Ширреф (P. Shirreff) в начале XIX в. путем выделения в посевах мутантных особей создал несколько сортов зерновых культур, а Р. Галлет (R.F. Hallet) впервые применил многократный семейственный отбор, что было значительным шагом вперед.

Вплоть до начала XIX в. сахар завозили в Европу из колониальных стран. В 1747 г. немецкий химик Маргграф (J.S. Marggraf) открыл, что в корне обыкновенной дикой свеклы содержится вещество, идентичное тростниковому сахару. В начале XIX в. его ученик Ф. Ахард (F.K. Achard) заложил основы селекции сахарной свеклы на повышение содержания сахара и высокую урожайность и добился заметных успехов.

Больших успехов в селекции пшеницы достиг немецкий селекционер В. Римпау (W. Rimpaу), применивший скрещивание разных типов этой культуры. Кроме того, ему в 1888 г. впервые удалось получить плодовой гибрид от скрещивания пшеницы с рожью, т.е. тритикале, как сейчас называют эту культуру.

Выдающихся практических результатов в селекции плодовых, овощных и декоративных культур добился американский селекционер Л. Бербанк в конце XIX — начале XX в. Применяя метод гибридизации и очень умело используя многократный отбор, он создал много ценных сортов.

С большим успехом селекцией различных культур в тот же период занимались и русские селекционеры. Одним из них был Е.А. Грачев (1826—1877), работавший с овощными культурами.

В это же время начал свою деятельность И.В. Мичурин (1855—1935), создавший более 300 сортов различных культурных растений и разработавший ряд оригинальных методов селекции, которые используются и поныне.

Первым, кто подвел теоретическую базу под селекцию растений и животных, был выдающийся английский исследователь Ч. Дарвин (1809—1882). Изданная им в 1859 г. книга «Происхождение видов путем естественного отбора» сыграла огромную роль в понимании эволюционного процесса, в развитии естествознания, в разработке теории селекции. Ч. Дарвин полностью разрушил представление о постоянстве и неизменности биологических видов. Ч. Дарвин вскрыл основные факторы развития живой природы — изменчивость, наследственность и отбор.

Величайшая заслуга Ч. Дарвина состоит в том, что он открыл путь эффективного воздействия человека на изменчивость растений и животных.

Важное значение в становлении отечественной селекции имело создание в 1904 г. Д.Л. Рудзинским селекционной станции при Московском сельскохозяйственном институте (ныне Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева).

3. Решающее значение для формирования научной селекции имели вторичное открытие в 1900 г. законов наследственности, сформулированных Г. Менделем (G. Mendel, 1822—1884) еще в 1865 г., и возникновение в начале XX в. новой научной дисциплины — генетики. Три исследователя — Г. де Фриз (H. de Vries, -1848-1935) в Голландии, К. Корренс (C-Tterrens, 1864—1933) в Германии и Э. Чермак (E. Tschermak, 1871—1962) в Австрии — независимо друг от друга вторично открыли эти законы, которые и легли в основу дальнейшего развития селекции во всей ее сложности и многообразии.

До второй половины XIX в. наиболее распространенным методом селекции был так называемый массовый отбор, при котором семена лучших растений объединяют и высевают вместе. Затем селекционеры все чаще начали применять индивидуальный отбор, предусматривающий отдельный посев семян с каждого отобранного растения. Благодаря работам В. Иоганнсена (W.L. Johannsen, 1857—1927), опубликованным в 1903 и 1909 гг., стало ясно, что у самоопыляющихся культур выращивание потомства от отдельных растений и отбор лучших из них в целях выведения новых сортов будет результативным лишь в гетерогенных популяциях, содержащих генотипически различные растения. Но и в этом случае возможности ограничены: отбор позволяет выделить лишь формы, уже имеющиеся в популяции.

Селекционеры стали все больше прибегать к скрещиваниям для получения форм с новым сочетанием признаков. О перспективности гибридизации со всей очевидностью свидетельствовали вскрытые Г. Менделем закономерности дискретной наследственности в опытах по скрещиванию разных форм гороха. Было показано, что у гибридов при образовании гамет различные наследственные факторы свободно сочетаются между собой, благодаря чему у потомства возникают новые комбинации наследственных единиц, а следовательно, и новые сочетания признаков. Принцип перекombинирования генов (принцип генетической рекомбинации), вытекающий из работ Г. Менделя, вызвал наибольший интерес у селекционеров. Этот принцип открыл возможность соединения в одном сорте ценных качеств родительских форм. Проявление новых комбинаций признаков в результате скрещивания в дальнейшем получило название комбинативной, или комбинационной, изменчивости.

Генетическая рекомбинация составляет основу селекции. Гибридизация остается главным, решающим методом создания новых сортов. Для рекомбинаций используются те стабильные единицы наследственности, которые были открыты Г. Менделем и впоследствии названы генами.

Начало дальнейшему развитию селекции было положено декретом Совета Народных Комиссаров от 13 июня 1921 г. «О семеноводстве». В декрете подчеркива-

лось значение сорта, определялись задачи семеноводства, предусматривалась организация Госсортофонда и сети репродукторов для размножения сортовых семян. При селекционно-опытных станциях были созданы маточные рассадники сортовых семян, размножение которых возлагалось на специализированные семеноводческие хозяйства — совхозы.

В 1923 г. на Украине, а в 1924 г. в РСФСР организована Госсортсеть (государственная сеть по сортоиспытанию). Началось плановое изучение лучших местных и селекционных сортов по всей территории страны.

Для коренного улучшения селекционно-семеноводческой работы в стране во всех природно-экономических зонах были созданы и функционировали 53 селекционных центра, в том числе 21 комплексный по основным сельскохозяйственным культурам, 14 специализированных по группам родственных культур и по отдельным культурам (зерновые бобовые, масличные, кукуруза, рис, картофель и др.), 7 — по зерновым, 6 — по кормовым культурам, 2 — по сахарной свекле, 3 — по плодовым и ягодным культурам.

По состоянию на 1 января 1998 г. в Российской Федерации функционировало 39 селекционных центров по растениеводству, которые ведут селекционную работу, разрабатывают и совершенствуют методы селекции и семеноводства, дают всестороннюю оценку устойчивости новых сортов и гибридов к болезням и вредителям, изучают технологические качества продукции, осуществляют координацию селекционных работ, проводимых более мелкими селекционными подразделениями, и т.д.

В состав каждого селекционного центра входят крупные отделы селекции отдельных культур или групп культур и лаборатории, например: генетики и цитологии, иммунитета, физиологии устойчивости, технологии зерна, биохимии, семеноводства, семеноведения и семенного контроля, механизации селекционно-семеноводческих работ, группа информации и др.

Главные селекционные центры располагают крупнейшими фитотронами, другие — комплексами с оранжереями и вегетационными камерами с автоматизированным регулированием заданных параметров температуры, освещения, влажности воздуха.

Эффективность работы селекционных центров постоянно возрастала. Так, за 1971—1975 гг. было районировано 460 сортов и гибридов, за 1976-1980 - 578, за 1981-1985 гг. - 821, а за 1986—1990 гг. районировано 886 сортов и гибридов полевых культур. Ежегодно в государственное сортоиспытание селекционеры передают 200—300 сортов и гибридов.

В стране было создано и функционировало 32 крупных научно-производственных объединения, например «Масличные семена» на Кубани, «Белогорка» в Северо-Западном регионе, «Колос» и «Енисей» в Сибири, «Подмосковье» и др.

Говоря об успехах отечественной селекции, нельзя не назвать таких выдающихся русских селекционеров, как Д.Л. Рудзинский (1866-1954), СИ. Жегалов (1881-

1927), Н.В. Рудницкий (1877-1953), П.И. Лисичин (1877-1948), П.Н.Константинов (1877-1958), В.Я. Юрьев (1879-1962), А.П. Шехурдин (1886-1951).

Исключительно велика роль в развитии отечественной и мировой селекции, генетики и биологии выдающегося советского ученого Н.И. Вавилова (1887—1943).

Ученый-селекционер, дважды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственной премий, академик П.П. Лукьяненко (1901 — 1973) внес большой вклад в разработку методов селекции важнейшей хлебной культуры — пшеницы и других зерновых, в создание и внедрение ценных высокопродуктивных сортов, позволивших резко повысить урожайность этих культур.

Советские селекционеры на основе объединения хромосом ржи и пшеницы за короткий срок создали целую серию высокопродуктивных сортов кормового и зернового направления новой сельскохозяйственной культуры — тритикале. В период с 1979 по 1994 г. в стране было районировано 32 сорта тритикале. Из них 14 сортов кормового направления, 11 — зернового и 5 — двойного использования: на зерно и на корм.

В последние 30—35 лет в селекции пшеницы совершилась подлинная революция — были созданы короткостебельные, устойчивые к полеганию сорта с потенциалом урожайности до 10 т/га и выше. Первые отечественные короткостебельные сорта пшеницы Полукарликовая 49 и Одесская полукарликовая получили гены карликовости от выведенных П.П. Лукьяненко сортов Безостая 1 и мутанта Краснодарский карлик.

Говоря о селекции за рубежом, следует отметить, что для современного ее состояния также характерны высокая специализация и концентрация больших коллективов ученых и специалистов, работающих в крупных научно-исследовательских учреждениях по единым селекционным программам. Это касается не только развитых стран, но и развивающихся государств Азии, Африки и Латинской Америки.

Первым был организован в 1960 г. на Филиппинах Международный научно-исследовательский институт риса (IRRI — International Rice Research Institute, Los Banos), затем в 1966 г. в Мексике — Международный центр селекции кукурузы и пшеницы (CIMMYT — Centra International de Mejoramiento de Maiz y Trigo, Londres), в 1967 г. в Нигерии — Международный институт тропического сельского хозяйства (ПТА — International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan), в 1968 г. в Колумбии — Международный центр сельского хозяйства тропиков (CIAT — Centra International de Agricultura Tropical, Cali), в 1972 г. в Перу — Международный центр картофеля (CIP — Centra International de la Papa, Lima), в 1972 г. в Индии — Международный НИИ возделывания сельскохозяйственных культур в полузасушливой зоне тропиков (ICRISAT — International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Hyderabad), в 1976 г. в Ливане и Сирии — Международный научно-исследовательский центр сельского хозяйства для аридной зоны (ICARDA — International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Beirut), в Либерии — Ассоциация развития рисоводства в Западной Африке (WARDA — West Africa Rice Development Assotiation, Monrovia).

В последующие годы были созданы международные центры и в высокоразвитых странах: в США — Международный НИИ продовольственной политики (IFPR — International Food Policy Research Institute, Washington), в Нидерландах — Международная организация национальных сельскохозяйственных исследований (ISNAR — International Service for National Agricultural Research, The Hague).

## **Тема 2. ЗНАЧЕНИЕ СОРТА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕЛЕКЦИИ**

### **1. ТРЕБОВАНИЯ К СОРТАМ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ**

### **2. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ**

**1. Сорт** — это созданная человеком для удовлетворения своих потребностей совокупность культурных растений, происходящих от одного или нескольких родоначальников и обладающих относительно одинаковыми, наследственно закрепленными, ботанико-биологическими и хозяйственными признаками и свойствами, которые позволяют в определенных природных и производственных условиях получать высокие и устойчивые урожаи продукции требуемого качества.

Сорт (или гибрид) как средство сельскохозяйственного производства — один из важнейших элементов научно-технического прогресса в сельском хозяйстве, обеспечивающий получение необходимого количества высококачественной продукции.

Внедрение новых ценных сортов обеспечивает увеличение урожайности, а следовательно, производства зерна и другой сельскохозяйственной продукции.

Интенсификация сельскохозяйственного производства предполагает внедрение научно обоснованных систем земледелия, применение повышенных доз минеральных удобрений, интегрированную защиту посевов от сорняков, вредителей и болезней, механизированную уборку урожая и возможность широкого распространения монокультуры. При этом на первый план выдвигаются задачи создания сортов и гибридов с высоким генетически обусловленным потенциалом продуктивности, которые позволили бы окупить с максимальной отдачей большие затраты как на их создание, так и на возделывание и увеличить среднюю урожайность культуры. Таким образом, основным стратегическим направлением в селекции остается создание сортов и гибридов с высоким потенциалом продуктивности, который в условиях производства реализовывался бы не менее чем на 70—80%.

Основное требование, предъявляемое к сорту или гибриду любой сельскохозяйственной культуры, — высокая *урожайность*. Вновь выведенный сорт может получить распространение в производстве только в том случае, если он дает более высокие и устойчивые урожаи, чем лучшие из существующих сортов данной культуры.

Особого внимания заслуживает создание сортов и гибридов с широкой *экологической пластичностью*, т.е. обладающих повышенным гомеостазом. Речь идет о сор-

тах, способных при разном сочетании природных условий, в том числе и при климатических стрессах (почвенной и воздушной засухе, переувлажнении и т.д.), сохранять урожайность относительно стабильной, на высоком уровне.

Современные сорта должны быть приспособлены к условиям *высокомеханизированного сельскохозяйственного производства* с применением машин для посева, посадки, междурядной обработки и уборки.

Механизированная уборка многих культур (кунжут, клещевина гречиха) возможна при более высоком расположении плодоносящих ветвей и одновременном созревании.

Нужны сорта хлопчатника и клещевины, сбрасывающие листья ко времени созревания коробочек.

У подсолнечника механизированную уборку могут затруднять ветвление и разный наклон корзинок.

Внедрение однострочковых сортов сахарной свеклы значительно снизило затраты ручного труда.

Громадные убытки наносят сельскому хозяйству *болезни и вредители* растений. К тому же увеличение доз минеральных удобрений и широкое распространение монокультуры служат предпосылкой для возникновения эпифитотий и снижения общей урожайности.

Важнейший признак сельскохозяйственной продукции — ее *качество*. Это сложный признак, охватывающий различные свойства, начиная от биохимического состава, который определяет питательную ценность того или иного продукта, его вкусовые качества, а также транспортабельность, пригодность для хранения.

Важный признак сортов и гибридов — *продолжительность вегетационного периода*.

Для многих природно-экономических зон Российской Федерации и других стран, где продолжительность благоприятного для роста растений периода ограничена температурными условиями или наступлением засухи (а иногда и переувлажнения), очень важно иметь скороспелые сорта. И в этом направлении проводится работа по многим культурам.

В районах, где во время вегетации бывают засухи, серьезное внимание нужно уделять *засухоустойчивости* сортов.

Очень большое значение для всех экологических зон имеет селекция озимых культур на *зимостойкость*.

Мелиорация земель сделала актуальной проблему создания сортов и гибридов для выращивания на *орошаемых и осушенных землях*.

Таким образом, общую стратегию селекции определяют не только почвенно-климатические условия зоны, но и уровень агротехники.

Для выведения большинства новых сортов в условиях умеренной зоны совсем недавно требовалось не менее 12—15 лет работы, а иногда и до 18 лет. Следовательно, практическая отдача не могла быть получена в ближайшие годы.

Современная селекция не может мириться с такой продолжительностью выведения сорта. На необходимость ускорения темпов селекционного процесса указывал Н.И. Вавилов еще в 1934 г. Он предложил ряд конкретных мероприятий по обеспечению работы с гибридами в зимний период для получения двух—трех поколений в календарный год. В СССР при ведущих селекционных центрах, в частности: во Всесоюзном селекционно-генетическом институте (г. Одесса), Всесоюзном НИИ масличных культур имени В.С. Пустовойта (г. Краснодар), Мироновском НИИ селекции и семеноводства пшеницы имени В.Н. Ремесло, Украинском НИИ растениеводства, селекции и генетики имени В. Я. Юрьева (г. Харьков), были созданы первоклассные современные фитотроны, позволяющие получать по два—три поколения растений в год и на этой основе резко ускорять селекционный процесс.

Следует отметить, что селекцию короткостебельных сортов яровой пшеницы Н. Борлауг проводил в соответствии с ускоренной мексиканской программой, при которой в год, как правило, выращивают два урожая исследуемых и размножаемых форм. Первый урожай получают при посеве в обычные сроки в декабре недалеко от города Сонора (28° с. ш.) на высоте 40 м над уровнем моря. Развитие растений протекает при сокращенном световом дне. Следующее поколение высевают южнее, в районе города Тoluка (18° с. ш.) на высокогорном плато на высоте 2600 м над уровнем моря. Посев проводят в мае, когда продолжительность дня увеличивается. Здесь выпадает 1000—1200 мм осадков и значительно холоднее, чем на побережье. При получении двух урожаев в год есть возможность ежегодно проводить отборы на устойчивость к разным расам ржавчины, распространенным в этих районах.

Таким путем были созданы высокоурожайные сорта, нечувствительные к продолжительности дня, обладающие широкой экологической приспособленностью и устойчивые ко многим заболеваниям, т.е. получена новая комбинация уникальных для пшеницы качеств. Большинство же обычных образцов пшеницы, как известно, относится к длиннодневным растениям.

2. Основу для создания новых сортов растений составляет их генотипическая изменчивость. Улучшение любой сельскохозяйственной культуры возможно только за счет тех изменений, которые передаются по наследству. Источником наследственной изменчивости служат мутации (генные, хромосомные, геномные) и рекомбинации генов и хромосом.

При выборе наиболее эффективного метода селекции в первую очередь необходимо учитывать: 1) способ размножения (половой, бесполой или сочетание того и другого); 2) особенности строения цветка и количество переносимой пыльцы; 3) степень самостерильности растений и ее причины; 4) влияние инбридинга на мощьность и продуктивность растений.

Большинство возделываемых растений размножаются семенами. Поэтому рассмотрение полового процесса важно для понимания наследования признаков у любой сельскохозяйственной культуры.

Половое размножение высших растений связано с чередованием двух фаз в их жизненном цикле: диплофазы, характерной для спорофита, и гаплофазы, присущей гаметофиту.

Спорофит — это само растение. Как правило, он диплоидный; в его клетках содержится двойной набор хромосом ( $2n$ ). Диплофаза начинается с оплодотворения яйцеклетки и включает формирование семени и все фазы развития растения до образования генеративных органов. В цветках формируются споры двух типов: микроспоры (мужские клетки) в пыльнике и мегаспоры (женские клетки) в завязи.

Мегаспоры и микроспоры гаплоидны ( $n$ ). С их образования и начинается гаплофаза у растений. Из микроспор в пыльнике развиваются пыльцевые зерна, содержащие два ядра: вегетативное и генеративное. Попадая на рыльце пестика, пыльцевое зерно начинает прорастать, образуя пыльцевую трубку. Она растет вниз по столбику к семязпочке и далее в зародышевый мешок, куда попадает в большинстве случаев через микропиле. Ее рост контролируется вегетативным ядром. На рыльце пестика одновременно прорастает значительное количество пыльцевых зерен. Однако обычно только одна пыльцевая трубка проникает в зародышевый мешок, и ее спермии производят оплодотворение. Остальные пыльцевые трубки постепенно элиминируются. Преимущество той или иной из них прежде всего зависит от индивидуальной скорости роста.

Различная скорость роста пыльцевых трубок, имеющих разный генотип, получила название *сертации*.

У растений, в завязи которых образуется много семязпочек, в оплодотворении участвует соответствующее число пыльцевых трубок. Пыльцевое зерно и пыльцевая трубка содержат достаточно питательных веществ для начальных этапов развития. Но, если пыльцевая трубка должна расти через удлиненный столбик, она использует питательные вещества его клеток, пока не произойдет оплодотворение.

В связи с тем, что женский гаметофит развивается внутри завязи, он меньше подвержен элиминации под действием внешней среды. Поэтому неполноценные гаметы, которые в мужском гаметофите могли бы быть элиминированы, могут частично передаваться через женский гаметофит.

В зависимости от вида растений рост пыльцевой трубки через ткани столбика продолжается от нескольких часов до нескольких суток (у некоторых видов этот период составляет всего несколько минут). При достижении пыльцевой трубкой зародышевого мешка ее конец соприкасается с синергидами, лопаются и его содержимое изливается на одну из синергид, которая быстро разрушается. Вегетативное ядро обычно элиминируется еще до того, как пыльцевая трубка проникает в зародышевый мешок. Один из спермиев сливается с яйцеклеткой, в результате чего образуется зигота, дающая начало зародышу семени. Второй спермий соединяется с материнской клеткой эндосперма, которая незадолго до того или даже в этот самый момент образовалась от слияния двух полярных ядер. В результате формируется ядро эндосперма.

В первом случае образуется диплоидная зигота ( $2n$ ), так как спермий и яйцеклетка привнесли свои гаплоидные наборы хромосом. Во втором случае получается триплоидное ядро ( $3n$ ) — два гаплоидных полярных ядра плюс гаплоидный набор второго спермия. Этот

процесс, имеющий универсальное значение для покрытосеменных, называется *двойным оплодотворением*. Он открыт в 1898 г. русским ученым С.Г. Навашиным.

После оплодотворения чашелистики, лепестки, тычинки и столбик обычно завядают и опадают. Семяпочка вместе с содержащимся в ней зародышем развивается в семя.

Непременное условие успешного применения в селекции метода гибридизации — знание закономерностей наследования признаков, и прежде всего хозяйственно важных.

Процесс генетической рекомбинации, обеспечивающий перегруппировку отдельных признаков и свойств скрещиваемых сортов и получение новообразований, многоэтапный. Он предполагает:

1) объединение путем скрещивания наследственности родительских форм в гибриде  $F_1$ :

2) формирование у гибрида  $F_1$  генетически разнообразных гамет путем: а) свободного перекомбинирования гомологичных хромосом родительских форм в мейозе, б) кроссинговера между ними;

3) образование при самоопылении растений  $F_1$  генетически разнообразных зигот путем слияния в процессе оплодотворения гамет, различающихся по набору генов, и формирования гибридных семян  $F_1$ .

Уже в год проведения скрещивания развивающиеся на материнском растении гибридные семена формируются в соответствии с первым законом Г. Менделя, получившим название закона доминирования или закона единообразия гибридов первого поколения (последнее название более правильное). Суть этого закона — единообразие гибридных растений  $F_1$  по генотипу (при гомозиготности родителей). Из него вытекает важный практический вывод для селекции: поскольку у самоопыляющихся культур все растения  $F_1$  одинаковы по генотипу, бессмысленно проводить отбор в первом гибридном поколении.

В том случае, когда материнская форма обладает рецессивными аллелями какого-либо гена, а отцовская — доминантными, уже в год проведения скрещивания у гибридных семян, образующихся на материнском растении, проявляются признаки отцовской формы. Так, если пыльцой гороха, имеющего желтые гладкие семена ( $IIRR$ ), опылять горох с зелеными морщинистыми семенами ( $iirr$ ), то на материнском растении образуются бобы с желтыми гладкими семенами ( $HRr$ ), поскольку признаки отцовского сорта доминантны. В данном случае гибридными будут зародыш и эндосперм, т.е. основные элементы семени (кроме кожуры).

Проявление признаков отцовской формы на семенах, развившихся на материнском растении, было известно еще до возникновения генетики как науки. Оно получило название *ксений* (от греч. *xenos* — чужой).

Ксенийность проявляется наиболее четко в том случае, когда цветки материнского сорта, имеющего какой-либо рецессивный признак семени (окраска семядолей, форма, величина семян и др.), опыляются пыльцой другого сорта с соответствующим доминантным признаком. Возникающая в результате оплодотворения зигота и развивающийся из нее зародыш, а также эндосперм оказываются гибридными ( $F_1$ ). Поэтому доминантный признак отцовского сорта проявляется на гибридном семени в год опыления, хотя это семя развивается на материнском растении. В обратных скрещиваниях, когда материнской формой служит

сорт с доминантным признаком семени, ксенийность при полном доминировании не обнаруживается.

**Полимерия.** Первым крупным шагом к пониманию характера расщепления при скрещивании сортов, различающихся между собой по количественным и физиологическим признакам, стало открытие шведским генетиком и селекционером Г. Нильссоном-Эле (G. Nilsson-Ehle) явления полимерии примерно через 10 лет после переоткрытия законов Г. Менделя. Было показано, что количественные и физиологические признаки обусловлены действием многих генов. Причем путем гибридизации можно добиться такого сочетания этих генов, когда гибриды или их потомство превосходят обоих родителей по тем или иным показателям. Г. Нильссон-Эле назвал это явление трансгрессией (от лат. *transgressio* — переход). Данный термин вошел в мировую литературу. Под *трансгрессией* понимают явление, когда при скрещивании двух родительских сортов в популяции  $F_2$  появляются формы, превосходящие их по степени выражения определенных признаков или свойств.

Полимерию подразделяют на аддитивную (кумулятивную) и некумулятивную. При *кумулятивной полимерии* действие доминантных полимерных генов суммируется, т.е. они обнаруживают кумулятивный эффект. Так наследуются важнейшие селекционные количественные признаки, в частности длина стебля у зерновых колосовых культур (рис. 14).

*Некумулятивная полимерия* связана с действием генов однозначного действия, которые контролируют качественные, т.е. альтернативные признаки. В этом случае наличие в генотипе разного числа доминантных полимерных генов однозначного действия не изменяет выраженности признака. Изучение полимерии имеет особое значение для селекции, поскольку под контролем полимерных генов находятся многие хозяйственно ценные признаки: высота стебля и длина колоса, содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы и многие другие.

**Комплементарность.** Это явление, при котором доминантные гены, оказавшись совместно в генотипе ( $A—B—$ ), обуславливают развитие нового признака по сравнению с действием каждого из данных генов в отдельности ( $A—bb$  или  $aaB—$ ). При комплементарном взаимодействии двух генов наблюдается расщепление в отношении 9:3:3:1; 9:3:4; 9:7; 9:6:1.

**Эпистаз.** Это взаимодействие неаллельных генов, при котором один ген подавляет действие другого.

**Множественные аллели.** До сих пор при обсуждении закономерностей наследования рассматривались случаи, когда определенный ген может встречаться в двух различных состояниях: доминантном и рецессивном, т.е. представлен двумя аллелями, например:  $A$  и  $a$ ,  $B$  и  $b$ ,  $C$  и  $c$  и т.д. Но для некоторых генов можно установить существование нескольких и даже очень многих аллелей. Различные варианты состояний одного и того же гена называют *серией множественных аллелей*, а само явление — *множественным аллелизмом*.

Особенности строения цветка, представляющего устойчивый признак, имеют исключительно большое значение для организации контролируемого опыления, без которого немислим селекционный процесс любой сельскохозяйственной культуры.

При самоопылении пыльца опыляет рыльце того же цветка или других цветков на том же растении. Когда мужские и женские гаметы при таком опылении сливаются и образуется зигота, то происходит самооплодотворение (*аутогамия* — *autogamia*).

При перекрестном опылении пыльца одного растения опыляет рыльца другого. При этом в результате слияния мужских и женских гамет осуществляется перекрестное оплодотворение — *аллогамия* (*allogamia*).

В зависимости от способа оплодотворения все культуры подразделяют на самоопыляющиеся и перекрестноопыляющиеся.

**Самоопыляющиеся культуры.** Механизмы, обеспечивающие строгое самоопыление, немногочисленны. Самый радикальный из них — *клейстогамия*, при которой цветки совсем не раскрываются. У некоторых сортов ячменя нераскрывающиеся цветки бывают уже опылены до того, как колос вышел из листового влагалища. В данном случае можно быть уверенным, что произошло самооплодотворение.

У ряда сортов пшеницы частичное перекрестное оплодотворение происходит регулярно.

Другое приспособление, благоприятствующее самоопылению, — образование вокруг пестика из тычиночных нитей своего рода ножен, через которые должен расти пестик, когда он достигает функциональной зрелости. В результате пыльца попадает на рыльце при прохождении его сквозь тычиночную колонку и происходит самоопыление. Это приспособление типично для семейства Мальвовые, к которому относится хлопчатник.

**Перекрестноопыляющиеся культуры.** У диких видов перекрестное опыление отмечается гораздо чаще, чем самоопыление, что свидетельствует о высокой эффективности данной системы размножения. Такой тип опыления широко распространен и у культурных растений.

Перекрестное оплодотворение свойственно таким культурам жаркого пояса, как кукуруза, африканское просо, сахарный тростник, сафлор, клещевина, горчица. Из сельскохозяйственных растений умеренной зоны следует назвать рожь, коноплю, подсолнечник, райграс, тимофеевку, кострец безостый, ежу сборную, клевер луговой, гибридный, пунцовый, ползучий, овсяницу высокую, хмель и др.

Приспособления, обеспечивающие перекрестное опыление, различны по форме и эффективности. Самое надежное из них — разделение полов у *двудомных* растений. Около 4—6% всех растений — двудомные. К ним относятся виды, у которых одни растения имеют только мужские цветки, другие — только женские: финиковая пальма, конопля, спаржа, шпинат, щавель, хмель, земляника высокая, фисташка и др.

Другое приспособление — раздельное формирование мужских и женских цветков и соцветий на одном растении. Виды, имеющие на одном растении и мужские, и женские однополые цветки, называются *однодомными*. К этой группе относится приблизительно 10% всех однодольных и 4% двудольных растений. У растений с обоеполюми цветками перекрестное опыление обеспечивается разными способами, например одновременным созреванием тычинок и пестиков (*дихогамия*). Это явление может быть выражено в виде

*протерандрии*, когда пыльца в цветке созревает раньше рылец, и *протерогинии*, при которой рыльца созревают раньше, чем пыльники.

Если пыльца переносится ветром, растения называют *ветроопыляемыми* (*анемофильными*), если насекомыми — *энтомофильными*.

Неродственное скрещивание называют *аутбридингом* (от англ. outbreeding), а получение у перекрестноопыляющихся растений потомства от принудительного самоопыления — *инбридингом* (от англ. inbreeding), или инцухтом (от нем. Inzucht). Инбридинг обычно сопровождается снижением жизнеспособности потомства. Этот эффект называют *инцухт-депрессией*.

Различные условия среды оказывают прямое и косвенное влияние на опыление. Так, погодные и климатические факторы могут непосредственно благоприятствовать или, наоборот, препятствовать лёту насекомых.

У сортов с различными сроками цветения дожди могут неодинаково повлиять на урожай изучаемых образцов.

От климатических условий может зависеть характер опыления и у самоопылителей. Например, у гороха в Северной Европе отмечается почти исключительно самоопыление. В условиях Подмосквья оно происходит еще в фазе бутонов. В южных же районах, где имеется большее разнообразие насекомых — переносчиков пыльцы, возможно и частичное (незначительное) перекрестное опыление этой культуры. Косвенное влияние погодных и климатических факторов на опыление выражается, например, в изменении степени открытого цветения у пшеницы, овса и других культур и, как следствие этого, в возможности перекрестного опыления. Ветер благоприятствует не только перекрестному опылению но у некоторых видов (например, у конских бобов) и самоопылению, так как приводит цветки в движение.

При вегетативном размножении потомство возникает из вегетативных органов материнского растения. Цитологической основой этого способа размножения служит деление клеток посредством митоза, в результате которого из одной соматической клетки воспроизводятся две идентичные по набору генов. Причем отсутствует генотипическая изменчивость, поэтому все растения одного *клона* одинаковы в наследственном отношении.

В селекционной практике наибольшее распространение получили следующие четыре типа вегетативного размножения: деление растения на части, черенкование, отводки и прививка.

Обычный тип двойного оплодотворения у покрытосеменных называется *амфимиксисом* (amphimixis). Но формирование зародыша не всегда происходит в результате объединения гамет. У многих растений зародыш возникает из неоплодотворенных элементов зародышевого мешка или из клеток нуцеллуса и ин-тегументов.

**АПОМИКСИС-** Явление, при котором образуется жизнеспособный зародыш и развивается новый организм без слияния мужской и женской гамет, получило название *апомиксиса* (apomixis).

В последние годы в селекции кукурузы на гетерозис при использовании цитоплазматической мужской стерильности нашла удачное применение способность отдельных линий образовывать семена на основе андрогенеза, когда ядро яйцеклетки по какой-либо

причине погибает до момента оплодотворения и зародыш развивается из ядра спермия или двух слившихся ядер. В первом случае зародыш будет гаплоидным: содержит только один отцовский набор хромосом в материнской цитоплазме. Такие зародыши обычно маложизнеспособны. Однако жизнеспособность андрогенных зигот нормализуется, если восстанавливается диплоидный набор хромосом.

Знание физиологических особенностей развития растений необходимо для правильного выбора метода селекции. В зависимости от типа развития сельскохозяйственные культуры можно подразделить на следующие группы: 1) яровые однолетние, 2) озимые однолетние, 3) двулетние, 4) многолетние травянистые, 5) многолетние древесные.

*Яровые однолетние* культурные растения с точки зрения методики селекции имеют ряд преимуществ перед остальными культурами, поскольку дают возможность за один календарный год получить несколько поколений.

*Озимые однолетние* культурные растения, распространенные в умеренной зоне, для нормального развития нуждаются в воздействии на них в течение определенного времени пониженных температур.

У *двулетних* культур воздействие пониженными температурами способны воспринимать не прорастающие семена, а только растения после достижения определенных размеров. В первый год при весеннем посеве они образуют вегетативные органы (корнеплод, кочан), которые после зимнего хранения при высадке на следующий год формируют растения, способные цвести и плодоносить.

*Многолетние виды травянистых растений* в течение нескольких вегетационных периодов ежегодно образуют новые побеги, цветут и плодоносят. К ним относятся многие кормовые злаковые и мелкосемянные бобовые травы (люцерна, клевер).

### **Тема 3. ОТДАЛЕННАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ МЕТОДОМ ОТДАЛЕННОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ**

#### **1. ОСОБЕННОСТИ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ**

#### **2. ПРЕОДОЛЕНИЕ ТРУДНОСТЕЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ОТДАЛЕННОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ**

#### **3. ПЕРЕДАЧА ПРИЗНАКОВ ПРИ МЕЖВИДОВОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ**

#### **4. СПЕЦИФИКА И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ РАБОТЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА РАЗМНОЖЕНИЯ КУЛЬТУРЫ**

**1.** Метод отдаленной гибридизации может быть использован в селекции для решения разнообразных задач.

1. Чаще всего к нему прибегают для улучшения сортов культурного вида за счет передачи им отдельных хозяйственно ценных признаков, например устойчивости к болезням, от других как дикорастущих, так и возделываемых видов. Процесс, в результате которого малое количество зародышевой плазмы одного вида передается другому, получил название

*интрогрессии*. Он основан на повторных возвратных скрещиваниях гибридных потомств с культурной родительской формой. Таким путем может быть обеспечена передача отдельных признаков одного вида другому при сохранении таксономической целостности последнего. Это может осуществляться и в естественных условиях.

2. При скрещивании близкородственных видов можно путем генетической рекомбинации добиться наиболее желательного сочетания ценных признаков родительских форм. Относительно константные межвидовые гибриды, представляющие собой смешанные по генному составу формы, могут в отдельных случаях возникать и в естественных условиях в результате длительной естественной гибридизации. К ним относится и такая важная кормовая культура, как гибридная люцерна, которая произошла от скрещивания люцерны синей с люцерной желтой, серповидной.

3. В результате межвидовой гибридизации можно добиться нового выражения признака, не свойственного ни той, ни другой родительской форме. Это имеет особенно большое значение в селекции декоративных растений, где привлекает внимание новизна окраски, формы и размера цветков.

4. Путем межвидовых скрещиваний и последующего удвоения у гибрида числа хромосом можно получать аллополиплоидные формы, объединяющие свойства обоих видов. Это открывает путь синтеза новых видовых форм.

5. При скрещивании отдаленных форм гибриды первого поколения часто обнаруживают сильный гетерозис, что с успехом может быть использовано на практике.

Расщепляющиеся потомства отдаленных гибридов характеризуются большим разнообразием. Изменчивость здесь значительно выше, чем при межсортовой гибридизации. Генетическая сбалансированность и стабильность форм обычно наступают лишь в поздних поколениях. Но характер и размах изменчивости неодинаковы и зависят от генетической близости родительских форм. В связи с этим все многообразие отдаленных скрещиваний можно условно подразделить на три основные группы, которые рассматриваются ниже. Промежуточное положение между отдаленными и обычными межсортовыми скрещиваниями занимает гибридизация разных подвидов одного вида или очень близких видов одного рода.

1. Скрещивание близкородственных видов с одинаковым числом и высокой гомологичностью хромосом, когда гибридное потомство получается плодовитым. Фертильность обусловлена полной или частичной гомологичностью их хромосом, в результате чего у гибридов первого поколения мейоз протекает более или менее нормально и они самофертильны.

Образование гибридом  $F_1$  гамет родительских типов в количестве, превышающем расчетную величину, отмечается и при скрещивании видов с одинаковым числом хромосом, но различными геномами. Гаметы, не содержащие целых геномов, как правило, нежизнеспособны. При этом большая часть функционирующих гамет содержала такие же геномы, как и родительские виды.

Таким образом, при скрещивании видов, различающихся по числу и структуре хромосом, расщепляющееся гибридное потомство по комплексу признаков в основном прибли-

жается к родительским типам. Промежуточные формы встречаются значительно реже, чем можно было бы ожидать. Они неконстантны и постепенно элиминируются из популяции.

3. Межродовая гибридизация. Трудность скрещивания и передачи признаков от одного вида к другому возрастает с увеличением у них генетических и, как следствие этого, цитологических и морфологических различий. При межродовой гибридизации эти различия возрастают. Следовательно, при ее осуществлении перед селекционером встают более сложные задачи. Для их решения приходится прибегать к специальным методам.

2. При отдаленной гибридизации селекционер сталкивается с рядом трудностей. Основные из них следующие: 1) нескрещиваемость генетически далеких видов; 2) неспособность гибридных семян к прорастанию; 3) стерильность гибридов.

Нескрещиваемость разных видов. Известны разнообразные методы преодоления нескрещиваемости растений, относящихся к разным видам и родам, в том числе применение реципрокных скрещиваний, использование разных биотипов, изменение уровня пloidности у родительских форм, получение посредника, проведение опыления на ранних этапах развития пыльцы, укорачивание столбика или внутризавязное опыление, удаление рыльца перед опылением и замена его кусочком питательной смеси, обработка пестиков стимуляторами роста, опыление смесью пыльцы, вегетативное сближение скрещиваемых форм

. Преодолеть неспособность недоразвитых гибридных семян к прорастанию удалось путем разработки и применения метода культуры зародышей и тканей в стерильных условиях. Известно много питательных сред для искусственного выращивания зародышей растений

Стерильность гибридов первого поколения. При отдаленной гибридизации приходится сталкиваться не только с возможной нескрещиваемостью разных видов или неспособностью гибридных семян к прорастанию. Важную проблему представляет пониженная плодовитость или полная стерильность гибридов  $F_1$ . При этом можно принять за правило, что чем дальше отстоят друг от друга в филогенетическом отношении скрещиваемые формы, тем сильнее выражена стерильность их гибридов. Она имеет либо хромосомную, либо генную основу, а также может быть вызвана несовместимостью ядра и цитоплазмы у родительских форм.

Хромосомная стерильность обычно обусловлена различиями в числе или гомологии хромосом у скрещиваемых видов. В этих случаях в мейозе у гибрида обнаруживаются различные аномалии: полная или частичная неспособность хромосом к конъюгации, образование ассоциаций с разным их числом, инверсионные петли на стадии пахитены, мосты и фрагменты в анафазе и др. При полном асинапсисе гибриды совершенно стерильны. Это, в частности, характерно для пшенично-элимусных, ржано-пырейных и других гибридов.

Генная стерильность гибридов обычно характеризуется тем, что в пыльнике или семяпочке мейоз не происходит или он протекает с нарушениями вследствие асинапсиса или десинапсиса.

Несовместимость ядра и цитоплазмы скрещиваемых видов может проявляться по-разному, начиная от стерильности пыльцы гибридных растений и кончая гибелью пророст-

ков в ранний период их развития. Для преодоления стерильности гибридов первого поколения применяют различные методы, из которых можно выделить два главных: 1) возвратные скрещивания; 2) удвоение числа хромосом у гибрида  $F_1$ .

**3.** Возможность передачи генов от одного вида другому прежде всего зависит от филогенетической близости скрещиваемых форм. Генетическая рекомбинация. При большой геномной близости скрещиваемых видов работа с гибридными поколениями ведется в основном так же, как и при межсортовой гибридизации, и опирается на генетическую рекомбинацию. Селекционер чаще всего ставит перед собой задачу передать культурному растению от второго вида лишь отдельный ген или признак, например устойчивость к какой-нибудь болезни.

Наиболее эффективный метод для достижения этой цели — возвратные скрещивания. Причем в итоге получают интрогрессивную форму исходного сорта, включающую от второго вида лишь единичные признаки.

Синтез амфидиплоидов. Путем удвоения числа хромосом у стерильных гибридов  $F_1$  можно получить константные, как правило, высокоплодовые амфидиплоиды, которые довольно полно совмещают признаки родительских видов. Степень преобладания у них признаков той или иной родительской формы зависит от ряда причин, в том числе и от соотношения чисел хромосом родительских видов.

*Линии с добавочными хромосомами* получают, осуществляя последовательно: 1) скрещивание растений разных видов; 2) удвоение у гибрида  $F_1$  числа хромосом; 3) возвратные скрещивания амфидиплоида с рекуррентным родителем; 4) отбор.

*Линии с замещенными хромосомами* получают различными путями, обычно методом возвратных скрещиваний, используя в качестве родителя-донора линию с добавочной парой хромосом от другого вида, а в качестве рекуррентного родителя — линии моносомика или нуллисомика.

**4.** Эффективность метода отдаленной гибридизации и быстрота достижения результата зависят от биологических особенностей культуры, в частности от способа ее размножения. Характерная для многих гибридов  $F_1$  стерильность, огромный размах изменчивости в гибридных популяциях, трудности получения константных форм с наиболее благоприятным сочетанием хозяйственно важных признаков обуславливают неодинаковую вероятность успеха при работе с культурами, размножающимися семенами и вегетативным путем. Работа с вегетативно размножающимися культурами. Совершенно очевидно, что при отдаленной гибридизации таких культур успех может быть достигнут гораздо быстрее, поскольку при этом способе размножения без особого труда можно закрепить любую форму. Кроме того, у вегетативно размножающихся растений для производственных целей может быть использовано уже первое гибридное поколение ( $F_1$ ), если сочетание положительных признаков родительских форм удачно с хозяйственной точки зрения. Практически это

очень важно, так как в  $F_2$  обычно в большей степени проявляется гибридная мощь потомства.

Работа с культурами, размножающимися половым путем. Применение метода отдаленной гибридизации в селекции данной группы растений встречает значительно больше трудностей. Требуется много времени, чтобы восстановить фертильность потомства межвидовых гибридов и добиться его константности. В течение всего этого периода проводят отборы, а часто — возвратные и ступенчатые скрещивания. К возвратным скрещиваниям приходится прибегать, когда культурные сорта скрещивают с дикими видами и свойства последних преобладают в потомстве. В отдельных случаях проводят межгибридные скрещивания с целью получения еще более полиморфного материала. Скрещивания между разными видами с успехом использовали в селекции пшеницы. Межвидовую *гибридизацию твердой пшеницы* с мягкой начали еще в 1915 г. на Саратовской опытной станции для получения сортов с улучшенными хлебопекарными качествами.

Больших успехов в отдаленной гибридизации растений достиг академик Н.В. Цицин. Эту работу он начал еще в 1928 г. Им получены межродовые *пшенично-пырейные гибриды*. Выведенные в результате повторных скрещиваний и непрерывного отбора сорта озимой и яровой пшеницы в основном имеют характерные особенности пшеницы, но вместе с тем ряд признаков они заимствовали от пырея. Это в первую очередь повышенные морозостойкость и прочность соломины, устойчивость к болезням.

Путем межродовой гибридизации Н.В. Цицин вывел также 56-хромосомную *многолетнюю пшеницу*, которая дает урожай несколько лет подряд к заразице. Отобраны также семьи, устойчивые к склеротинии (пепельной гнили). Они используются как родительские формы при получении гибридов  $F_1$ .

#### **Тема 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МУТАГЕНЕЗ.**

##### **1. ТИПЫ МУТАЦИЙ И ИХ ПРОЯВЛЕНИЕ**

##### **2. МЕТОДЫ ИНДУЦИРОВАНИЯ МУТАЦИЙ**

##### **3. НАПРАВЛЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУТАГЕНЕЗА**

**1.** Стабильность генетических структур не абсолютна. Под влиянием определенных физических или химических факторов они способны изменяться. В противном случае не было бы развития, эволюции. Эти генетически стойкие изменения в генах и хромосомах называются *мутациями*, а измененные гены — *мутировавшими*. Новый организм с измененным признаком вследствие мутирования гена или перестройки хромосомы называют *мутантом*.

Мутационная изменчивость — это процесс, закономерно протекающий в природе. Он подчинен определенным законам. Н.И. Вавилов, изучая разнообразие форм культурных растений, установил сходство в наследственной изменчивости у близких видов и родов и

сформулировал в 1920 г. закон гомологических рядов в наследственной изменчивости, о котором уже говорилось.

Все более важным в селекции растений становится метод искусственного получения жизнеспособных полезных мутаций. Известно много примеров создания практически ценных индуцированных мутаций путем воздействия на организмы различными физическими и химическими факторами. При этом могут возникать мутации разных типов, селекционная ценность которых неодинакова.

В зависимости от характера изменения наследственных структур мутации делятся на два основных типа: *генные*, или *точковые*, и *хромосомные перестройки*. Первые обусловлены изменениями молекулярной структуры мутировавшего гена, т.е. нарушением специфической последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК. Поскольку они не связаны со структурными изменениями хромосом, их возникновение обычно не приводит к нарушениям конъюгации хромосом в мейозе и процесса кроссинговера. Второй тип мутаций характеризуется разрывами и различными последующими структурными перестройками хромосом. Любое из этих изменений обычно сопровождается проявлением какого-либо нового признака или свойства. Для селекции более важны генные мутации, так как хромосомные перестройки обычно приводят к отрицательным последствиям, в частности к снижению плодовитости.

Не все новые мутации можно сразу обнаружить в виде мутантного потомства. Так, при возникновении *рецессивной мутации* в гамете диплоидного вида получается внешне нормальное потомство (кроме случаев неполного доминирования). Это будет продолжаться до тех пор, пока при образовании зиготы не встретятся две гаметы, каждая из которых несет мутировавший ген.

*Доминантная мутация*, в отличие от рецессивной, обнаруживается в непосредственном потомстве особи, у которой она впервые появилась в половых клетках. Такая мутация проявляется у каждого организма, получившего от отцовской или от материнской формы хотя бы один мутировавший ген.

Рецессивная *соматическая мутация* в отличие от доминантной не может вызвать видимого эффекта в присутствии своего доминантного аллеля (при полном доминировании). В этом случае появление видимого изменения возможно только тогда, когда мутация возникает в клетке, которая уже гетерозиготна по данному гену.

2. Первая удачная попытка индуцирования мутаций была осуществлена академиком Г.А. Надсоном и его учеником Г.С. Филипповым в Ленинграде на микроорганизмах. В 1925 г. они показали, что с помощью рентгеновского излучения можно во много раз увеличить мутационную изменчивость дрожжевых клеток.

Метод искусственного получения жизнеспособных полезных мутаций становится все более важным в селекции растений. Уже разработано много приемов индуцирования мутаций. В основе их лежит воздействие на организмы различными физическими и химическими факторами, называемыми *мутагенами*. Из них используют главным образом излучения различного типа и некоторые химические вещества.

Действуя этими факторами на растения, можно резко повысить их мутационную изменчивость. Располагая большим разнообразием исходных форм, селекционер отбирает среди многих вредных и бесполезных мутантов единичные ценные образцы и использует их при выведении новых сортов.

Излучения, вызывающие мутации, бывают двух видов: ионизирующие и неионизирующие

Рентгеновское излучение. Его стали использовать в селекции для получения мутаций раньше других источников. Широко применяют и в настоящее время, поскольку рентгеновские аппараты имеются во многих учреждениях, управление ими не представляет большой трудности, рентгеновским излучением относительно легко воздействовать как на семена, так и на другие части растения, несложно изменять дозы излучения.

Гамма-излучение. Источником обычно служит радиоактивный кобальт ( $^{60}\text{Co}$ ) или цезий ( $^{137}\text{Cs}$ ). На объект можно воздействовать двумя способами обработки: *острым* (мощным источником при сравнительно кратковременном его действии) и *хроническим* (длительным, но значительно более слабым).

Радиоактивные изотопы. В качестве мутагенных факторов в ряде случаев можно применять радиоактивные изотопы, например фосфора ( $^{32}\text{P}$ ) и серы ( $^{35}\text{S}$ ), у которых период полураспада составляет соответственно 14,3 и 87,1 дня. Мутагенная активность их высока, поскольку эти элементы играют исключительно важную роль в обменных процессах, происходящих в ядре клетки. Однако из-за трудности хранения и использования радиоактивных изотопов данный источник излучения мало удобен для селекционеров.

В селекции наряду с ионизирующими излучениями используют химические мутагены. Возможность получения мутаций под влиянием химических веществ была установлена в начале 30-х гг. Приоритет открытия многих высокоактивных мутагенов, широко применяемых и в настоящее время, в том числе этилен-имина, принадлежит советскому ученому И.А. Рапопорту (1946).

Известны серии мутагенных веществ, относящихся к различным классам химических соединений. В их числе такие важные мутагены, как этилметансульфонат, диэтилсульфат, 1,4-бисди-азоацетилбутан, нитрозоалкилмочевины и др.

Химическими мутагенами можно обрабатывать сухие и проросшие семена, черенки, клубни, луковицы, инъектировать эти вещества в стебель растений перед вступлением их в генеративную фазу и т.д. Продолжительность обработки семян варьирует от 3 до 18 ч.

**3.** Считают, что главное различие между индуцированными и естественными мутациями заключается в частоте, с которой они возникают. Большинство индуцированных мутаций так же, как и естественных, вредны или бесполезны для организма, а полезные появляются довольно редко: обычно одна или две из каждой сотни. Ценные мутантные формы могут быть выделены и размножены.

В селекции с помощью индуцированного мутагенеза можно решать различные задачи, из которых следует назвать три главные.

1. Обеспечение изменчивости с широким спектром мутаций и высокой частотой их появления в целях получения исходного материала для отбора. Располагая большим разнообразием мутантных форм, селекционер отбирает среди сотен бесполезных или вредных изменений единичные ценные формы и использует их при выведении новых сортов. В результате мутаций у растений могут проявляться новые, ранее неизвестные, полезные признаки, для передачи которых такой испытанный и ведущий метод, как гибридизация, может оказаться неэффективным.

2. Индуцирование мутантов со специфическими изменениями отдельных признаков в целях исправления некоторых дефектов сортов. При этом важно, чтобы другие хозяйственно важные признаки оставались неизменными.

3. Решение специальных селекционных задач, например, увеличение рекомбинации генов и разрывов нежелательных сцеплений, перенос фрагментов хромосом одного вида растений в хромосомы другого вида при отдаленной гибридизации, получение гомозиготных мутантов путем воздействия на гаплоиды излучениями и последующего удвоения у них числа хромосом и т.д.

## **Тема 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИПЛОИДИИ, АНЕУПЛОИДИИ И ГАПЛОИДИИ В СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ ПОЛИПЛОИДИЯ И СЕЛЕКЦИЯ**

### **1.ТИПЫ ПОЛИПЛОИДОВ**

### **2.ТЕХНИКА ПОЛУЧЕНИЯ И ВЫДЕЛЕНИЯ ПОЛИПЛОИДОВ**

### **3.АНЕУПЛОИДИЯ**

### **4.ГАПЛОИДИЯ**

**1, Полиплоидией** называют изменчивость, связанную с кратным увеличением основного числа хромосом в клетках организма. Изучение разнообразия растений показало, что полиплоидия играла большую роль в их эволюции. У покрытосеменных растений большинство родов включает полиплоидные виды, которые, в свою очередь, среди всех изученных видов составляют примерно одну треть. Эти данные показывают, что полиплоидия, несомненно, связана с какими-то преимуществами, позволяющими вновь возникающим полиплоидным формам сохраняться и выживать.

В селекции используют два типа полиплоидов: *аутополиплоиды* и *аллополиплоиды*. Первые возникают в результате кратного увеличения в клетках наборов хромосом одного и того же вида (например,  $AA \rightarrow AAAA$ ), вторые — путем соединения в одном геноме хромосомных наборов разных видов (например, скрещиванием  $AA \times BB = F_1AB$ ) и последующим удвоением числа хромосом ( $AB \rightarrow AABB$ ) или скрещиванием аутополиплоидов ( $AAAA \times BBBB = F_1AABB$ ).

Морфологически аутополиплоид сходен с родительской формой, тогда как аллополиплоид занимает промежуточное положение между родительскими видами и похож на ги-

брид между ними. Первый происходит от фертильного материнского растения, второй — от стерильного.

У аллополиплоидов степень несоответствия геномов, привнесенных от разных видов, неодинакова. Промежуточные между аутополиплоидами и аллополиплоидами формы, у которых хромосомы разных геномом различаются не по всей длине, а лишь частично, получили название *сегментных аллополиплоидов*.

Как у истинных, так и у сегментных аллополиплоидов значительная часть хромосомного материала представлена более чем дважды. Причем одинаковые гены могут находиться и в тех хромосомах, которые не способны конъюгировать между собой. У мягкой пшеницы *нуллисомики* (2л—2) по каждой из 21 хромосомы вполне жизнеспособны, так как функции недостающей хромосомы выполняют соответствующие хромосомы других геномов. У диплоидных же видов никогда не удавалось получить жизнеспособные нуллисомики.

Плодовитость искусственно полученных полиплоидов обычно ниже, чем диплоидов. В этом отношении наблюдаются существенные различия между аутополиплоидами и аллополиплоидами.

**Использование аутополиплоидов.** Изменения, происходящие в клетках в результате удвоения числа наборов хромосом, бывают как полезными, так и нежелательными. К первым относятся увеличение размеров органов и самих растений, повышение их продуктивности, содержания некоторых полезных веществ, устойчивости к полеганию (у зерновых культур) и др. Из нежелательных изменений прежде всего выделяется снижение плодовитости аутополиплоидов. Они часто более позднеспелы, содержат больше воды в вегетативной массе, а также могут иметь другие недостатки.

При селекции полиплоидов важно располагать большим исходным материалом, разнообразным в генетическом отношении. У самоопылителей целесообразно вовлекать в работу возможно большее количество линий. Исключительно важное значение имеет способ размножения культуры (вегетативное или половое), а также ее целевое назначение (возделывание ради получения семян или вегетативных органов).

Селекция вегетативно размножающихся культур. Одно из главных препятствий для широкого использования полиплоидов, и прежде всего аутополиплоидов, в селекционной практике — их пониженная плодовитость по сравнению с исходными формами. Однако у тех растений, которые размножаются вегетативно, и у тех, где бессемянность желательна, стерильность оказывается даже выгодной. Поэтому в их селекции полиплоидия наиболее перспективна.

Селекция культур, размножающихся семенами.

1. *Работа с культурами, у которых хозяйственную ценность представляют вегетативные части.* У некоторых растений, возделываемых для получения их вегетативных органов, пониженная плодовитость не имеет решающего значения. Поэтому получение полиплоидных форм у таких растений очень перспективно. Во многих странах в производство выпущены тетраплоидные сорта ряда кормовых и овощных культур: турнепса, свеклы, редиса, укропа, шпината и др. В Швеции были созданы в коммерческих целях тетраплоидные сорта некоторых кормовых культур, в том числе тетраплоидный (2л = 40) сорт турнепса Сириус, который появился на рынке уже в 1953 г. По урожайности он значитель-

но превзошел исходную диплоидную форму. Завязывание семян у этого сорта удовлетворительное.

2. *Особенности работы с полиплоидами зерновых и зерновых бобовых культур.* Использование аутополиплоидов в селекции культур, возделываемых для получения семян, сопряжено с трудностями, связанными со снижением плодовитости растений. При этом уменьшение общего количества семян на них обычно не компенсируется большей массой отдельного полиплоидного семени. Однако исследования показали, что путем переопыления разных линий, их пересева и многократных отборов можно в значительной степени повысить фертильность тетраплоидов и увеличить их урожайность.

При возделывании полиплоидных сортов не следует допускать их переопыления с диплоидными, так как это приводит к резкому снижению семенной продуктивности, особенно тетраплоидов. Поэтому недопустимо размещение сортов перекрестноопыляющихся культур разной пloidности на соседних участках как в производственных посевах, так и сортоиспытании.

Использование естественных мейотических полиплоидов. Аутополиплоидные формы можно получить путем удвоения числа хромосом не только в митозе, как это обычно делается, но и в мейозе. Как уже отмечалось, при удвоении числа хромосом в митозе с помощью колхицина лишь незначительная часть аутополиплоидов имеет селекционную ценность.

Распространенные в природе полиплоидные растения, размножающиеся в естественных условиях семенами, — преимущественно аллополиплоиды, а не аутополиплоиды. К ним относится большинство видов пшеницы, овса, тетраплоидные культурные виды хлопчатника, табак, махорка, брюква, рапс, горчица абиссинская и сарептская, земляника обыкновенная, слива и другие культуры. Многие кормовые травы имеют даже большее число разных хромосомных наборов, чем пшеница.

2. Известны разные способы получения полиплоидов. Они основаны на том, что некоторые химические соединения, в частности колхицин, оказывают наркотическое действие на делящиеся клетки, препятствуя расхождению в митозе сестринских хромосом к противоположным полюсам и образованию дочерних клеток. В результате клеточная перегородка не формируется и сама клетка не делится. Удвоившиеся хромосомы остаются в одной исходной клетке, обладающей в результате вдвое большим их числом, чем нормальная клетка. Когда наркотическое действие проходит, клетка вновь приобретает способность к нормальному делению и дает начало двум тетраплоидным клеткам. Таким образом, в дальнейшем тетраплоидность сохраняется. В итоге образуются ткани, побеги и другие органы с удвоенным числом хромосом. В оплодотворенных цветках развиваются се-

мена. Из них вырастает новое тетраплоидное растение, которое обладает всеми характерными для полиплоидов особенностями.

В чистом виде колхицин представляет собой желтовато-белый порошок, легко растворимый в воде, спирте и хлороформе (химическая формула  $C_{22}H_{25}O_6$ ). Применение его дало возможность получать полиплоидные формы практически в неограниченных количе-

ствах. Кроме колхицина для этих целей можно использовать *аценафтен*, *хлористый сангуинарин*, *гаммек-сан*, *линдан*, *закись азота* и другие вещества. В селекции чаще всего применяют *колхицин*.

Успех работы зависит от выполнения ряда условий.

1. Колхицином необходимо воздействовать на меристематические ткани, имеющие максимальное количество делящихся клеток. Следовательно, обработке лучше всего подвергать прорастающие семена, молодые проростки, точки роста растений, пробуждающиеся почки, бутоны, клубни и т.д.

2. Следует учитывать, что чувствительность разных растений к колхицину неодинакова. Она может различаться также по зонам меристемы и периодам развития одной и той же культуры. Поэтому оптимальную дозу и экспозицию (продолжительность воздействия) для того или иного объекта часто определяют экспериментальным путем. При обработке семян чаще всего используют 0,01—0,2%-ные растворы колхицина, а при воздействии на точки роста — 0,5—2%-ные. Продолжительность экспозиции варьирует от нескольких часов до нескольких суток. Она зависит от концентрации раствора, метода обработки и чувствительности объекта.

3. Как во время обработки, так и в последующий период нужно создавать оптимальные условия для роста опытных растений. С учетом этих положений разработан ряд методов получения полиплоидов применительно к различным культурам.

Положительная сторона метода колхицинирования семян — почти полное отсутствие химерных тканей у выросших из них растений, так как колхицин проникает во все клетки семени и действует уже на первые митозы. Недостаток данного метода — резко сниженная выживаемость проростков в основном вследствие задержки развития корневой системы, что крайне нежелательно при ограниченном количестве семян (например, при межвидовой гибридизации).

Обработка проростков. Самый простой способ — полное погружение проростков в водные растворы или помещение их на фильтровальную бумагу, смоченную колхицином. При концентрации раствора от 0,01 до 0,2% продолжительность обработки 3—12 ч и более. Недостаток общей обработки проростков так же, как и семян, — сильная задержка в развитии и значительная гибель их.

Очень эффективен метод, при котором колхицин вводят в растение через стебель в период заложения и формирования спорогенной ткани. Обнаруживают и выделяют полиплоидные растения по ряду признаков. Обычно они отличаются по проросткам, листья у них крупнее, шире и толще. Хорошим признаком для отбора тетраплоидов могут служить размеры устьиц и количество хлоропластов в них. Однако лучший способ определения полиплоидное<sup>TM</sup> — микроскопическое исследование клеток корешков или конуса нарастания развивающихся побегов.

3. Анеуплоиды, в частности: *нумисомики* ( $2n-2$ ), *моносомики* ( $2n-1$ ), *трисомики* ( $2n+1$ ) и другие формы, вначале не находили практического применения в селекции. Одна-

ко сейчас создание серий моносомных и трисомных линий открыло совершенно новые возможности для генетического анализа и использования его результатов в селекции. Например, у мягкой пшеницы вследствие ее полиплоидное™ обычным гибридологическим методом ранее не удавалось установить группы сцепления генов. Теперь же после создания таких серий сравнительно легко определить генный состав ее хромосом, локализовать любой ген в определенной хромосоме и осуществлять замещение одних хромосом другими. Это стало возможным благодаря работам Э. Сирса (E.R. Sears, 1953, 1954) и других исследователей, создавших полные серии из 21 моносомной линии и серии других анеуплоидов, сначала у сорта яровой пшеницы Чайниз Спринг (Chinese Spring). На их основе удалось генетически и цитологически идентифицировать каждую хромосому пшеницы. В результате гаплоидный хромосомный набор мягкой пшеницы был разбит на семь гомеологических групп, по три хромосомы в каждой группе в зависимости от их принадлежности к геномам *A*, *Bu* *D*.

Созданы ряды моносомиков и трисомиков следующих видов сельскохозяйственных культур.

Имеющиеся серии моносомных линий широко используют для изучения наследования различных признаков у пшеницы с учетом генетического вклада каждой отдельной хромосомы. Это прежде всего касается таких признаков, как устойчивость растений к наиболее вредоносным болезням, качество зерна, высота стебля и многие другие.

Благодаря таким исследованиям открываются широкие возможности для генетической инженерии, т.е. манипулирования с отдельными хромосомами или их фрагментами в целях систематического объединения у одной особи отдельных хромосом с особо благоприятными наследственными факторами. Например, сорту яровой пшеницы Thatcher, у которого в хромосомах III, XIII и XIX содержится по одному гену устойчивости к бурой ржавчине, путем замещения хромосом X и XX удалось добавить еще два фактора резистентности, благодаря чему базис устойчивости был существенно усилен и расширен.

**4. Гаплоиды** — это особи обычно диплоидных или аллополиплоидных видов, в соматических клетках которых содержится в 2 раза меньше хромосом, чем у исходных форм, причем из каждой пары гомологичных хромосом представлена только одна хромосома.

Явление гаплоидии в последнее время привлекает все большее внимание селекционеров. Использование гаплоидных растений позволяет решать целый ряд как теоретических, так и практических задач. Гаплоидия у высших растений помогает в изучении их генетики и эволюции. С ее помощью можно определять геномный состав видов и уточнять их таксономическое положение, исследовать влияние дозы геномов в полиплоидных рядах, выяснить происхождение и генетические причины апо-миксиса и решать другие проблемы. На этом явлении основаны методы получения из гаплоидов гомозиготных диплоидных линий, а также наиболее удачных рекомбинаций генов при комбинационной селекции. Впервые на перспективность применения гаплоидов для решения селекционных задач указал в 1929 г. Г.Д. Карпеченко.

Для сравнения возможностей селекции на гаплоидном и диплоидном уровнях применяют формулы:  $2^n$  — для гаплоидов и  $4^n$  — для диплоидов. Первая формула позволяет определить все теоретически возможные комбинации генов на гаплоидном уровне при образовании гамет; по второй формуле вычисляют минимальное число растений  $F_j$ , в пределах которого могут возникать все теоретически осуществимые сочетания генов на диплоидном уровне. Так, для получения всех возможных типов гомозиготных линий на основе перекрестной комбинации 7 пар независимых генов теоретически необходимо перевести на диплоидный уровень только 128 гамет гибрида  $F_1$ . На диплоидном уровне для достижения такого же результата потребуется уже не менее 16 384 растений  $F_1$ . При увеличении показателя  $n$  эта разница стремительно возрастает. При  $n = 10$  указанные значения составят соответственно 1 024 и 1 048 576. Их сравнение показывает, что эффективность комбинационной селекции возрастает в сотни раз в случае разработки способа массового выделения гаплоидов для последующего перевода их на диплоидный уровень.

Путем удвоения числа хромосом у гаплоидов можно сразу создать гомозиготные линии, на выделение которых при селекции на гетерозис у перекрестноопыляющихся культур приходится затрачивать до 7—10 лет. На такую возможность получения гомозиготных линий указали еще в 30-е гг. М.С. Навашин и Г.Д. Карпеченко. Но лишь в 1949 г. С. Чейзом была разработана и практически использована методика ускоренного выведения гомозиготных диплоидных линий. Предложенные им принципы и полученные тестеры кукурузы все шире применяют в селекции этой культуры.

Экспериментально получить гаплоидные растения можно разными методами. В их числе: 1) отбор близнецов; 2) межвидовые скрещивания; 3) радиологический метод; 4) гибридизация на разных уровнях пloidности; 5) культура микроспор. Последний метод, предложенный индийскими и японскими учеными, наиболее перспективен (см. главу 11).

На основе андрогенной гаплоидии можно за одно поколение осуществить перевод отцовского ядра в цитоплазму материнской

формы. Это имеет большое значение в селекции кукурузы на гетерозис при создании андростерильных линий, на что обычно затрачивают 5—7 лет. На основе теоретических предположений П.А. Баранов, Н.П. Дубинин и М.И. Хаджинов в 1955 г. предложили для быстрого перевода самоопыленных линий кукурузы на стерильную основу использовать явление андрогенеза. Практически такой перевод ядра отцовской формы в стерильную цитоплазму материнской был осуществлен в 1963 г. одновременно Т.С. Чалыком в СССР и С. Чейзом в США путем скрещивания линий с маркированными генами (материнской — с доминантными и отцовской — с рецессивными аллелями). Указанный метод прошел экспериментальную проверку и открыл путь для ускоренной передачи линиям и сортам свойств цитоплазматической мужской стерильности с помощью андрогенеза. На основе использования андрогенетических гаплоидов в ряде стран уже выведено несколько сортов табака.

## **Тема 6. СЕЛЕКЦИЯ ГЕТЕРОЗИСНЫХ ГИБРИДОВ**

### **1. ЗНАЧЕНИЕ СЕЛЕКЦИИ НА ГЕТЕРОЗИС**

### **2. ТИПЫ ГИБРИДОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ**

3. ОБЩАЯ СХЕМА СЕЛЕКЦИИ ГЕТЕРОЗИСНЫХ ГИБРИДОВ  
 4. ИСПЫТАНИЕ ЛИНИЙ НА КОМБИНАЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ  
 5. ПРОИЗВОДСТВО ГИБРИДНЫХ СЕМЯН НА ОСНОВЕ ЦМС

1. Под термином *гетерозис* в самом широком смысле слова понимают все положительные эффекты, ведущие к превосходству гибридов первого поколения ( $F_1$ ) над родительскими формами.

Гетерозис в полной мере проявляется в первом гибридном поколении. При генеративном размножении в последующих поколениях он быстро теряется.

Селекцией на гетерозис называют создание гибридов первого поколения, отличающихся высоким гетерозисом по урожайности, качеству продукции и другим хозяйственно важным признакам. В отличие от комбинационной селекции, при которой скрещивания проводят в начале селекционного процесса, чтобы создать генетическую изменчивость для отбора, при селекции гетерозисных гибридов скрещивание служит для массового получения семян и их дальнейшего практического использования в производстве и представляет последний этап селекционного процесса.

Долгое время явление гетерозиса пытались объяснить отдельными генетическими факторами. Возникло несколько гипотез. Так, *гипотеза сверхдоминирования* объясняет проявление гетерозиса гетерозиготным состоянием гибридов. Вторая классическая гипотеза о проявлении гетерозиса, так называемая *гипотеза доминирования*, исходит из того, что не гетерозиготное состояние само по себе, а вызванное скрещиванием накопление доминантных аллелей продуктивности приводит к гетерозису.

Поскольку гетерозис представляет собой комплексное явление, возникают некоторые проблемы для практической селекции, связанные с измерением гетерозиса. Для этого используют несколько формул в зависимости от того, по каким показателям сравнивают гетерозисные гибриды с родительскими формами:

а) показатель гибрида  $\frac{F_1 - ЛР}{ЛР} \cdot 100$ ; показателем лучшей родительской формы (ЛР)

б) показатель гибрида сравнивают со средним показателем обеих родительских форм (СР):

$$\frac{F_1 - СР}{СР} \cdot 100;$$

в) прибавку показателя гибрида сравнивают со средним значением показателя двух родительских форм и с показателем лучшей родительской формы:

где  $F_1$  — среднее арифметическое показателя первого поколения ( $F_1$ ) гибридов;

ЛР — среднее арифметическое показателя лучшей родительской формы; СР — среднее арифметическое показателя обеих родительских форм.

Для сельскохозяйственного производства в конечном счете самым важным критерием служит абсолютная урожайность гибридов. При этом часто относительное увеличение урожайности гибрида по сравнению с высокопродуктивной родительской формой бывает ниже, чем относительная прибавка, получаемая при скрещивании ме-

нее продуктивных форм. теоретически следует ожидать продуктивность  $\wedge$  в комбинации 1 4,4 т/га (против 5 т/га в  $F\setminus$ ) и в комбинации 2 5,15 т/га (против 5,5 т/га в  $F\setminus$ ).

*Гетерозисный индекс* вычисляют по формуле

*Индекс снижения гетерозиса* показывает, какую относительную продуктивность имеет поколение  $F_2$  по сравнению с первым поколением гибридов ( $F_1$ ). Его определяют по формуле

$$100 - \frac{CP}{F_1} \cdot 100.$$

**2.** Различают следующие типы гибридов производственного использования:

1) межлинейные, к которым относятся: простые — от скрещивания двух самоопыленных линий;

трехлинейные — от опыления простого межлинейного гибрида пыльцой самоопыленной линии;

двойные — от скрещивания двух простых межлинейных гибридов;

сложные межлинейные гибриды — получаемые с участием более четырех самоопыленных линий;

2а) сортолинейные, включающие:

простые — от опыления сортов пыльцой линии;

сложные — от опыления сорта пыльцой простого межлинейного гибрида;

2б) линейносортные — от опыления простого гибрида пыльцой сорта;

3) межсортовые гибриды — от скрещивания двух сортов;

4) гибридные (синтетические) популяции — получаемые путем смешения семян простых гибридов и других компонентов и их свободного переопыления.

Наиболее высокую прибавку урожая дают гибриды, полученные с участием самоопыленных линий. Поэтому в производстве распространены главным образом межлинейные и сортолинейные гибриды кукурузы, а межсортовые полностью вытеснены как менее урожайные.

Ниже каждый тип гибридов рассматривается более подробно. Для написания их формул отдельные линии принято обозначать буквами {A, B, C, Zi т.д.).

*Межсортовые гибриды* — наиболее простая форма. В гетерозисной селекции кукурузы они большого значения не имеют, так как при таком типе скрещивания гетерозис достигает в среднем лишь 10—15%. этом случае может достигать 30% и более.

**3.** Гетерозисная селекция состоит из нескольких этапов. Селекционная работа начинается с выбора исходного материала, из которого создают самоопыленные линии. Затем изучают комбинационную способность этих линий, а наиболее пригодные к комбинированию используют в качестве родительских форм для создания простых, двойных и других типов гибридов и для составления гибридных популяций.

У аутогамных видов растений необходимость создания линий отпадает, так как вследствие естественного самоопыления уже имеющиеся сорта практически пред-

ставляют собой линии. Поэтому исходный материал (различные сорта) можно сразу включать в испытание на комбинационную способность.

Успех селекции на гетерозис во многом зависит от правильного подбора исходного материала, который обязательно должен содержать генотипы с высокой комбинационной способностью. Однако по фенотипу растений распознать эту способность нельзя. Поэтому исходный материал следует подбирать с учетом некоторых специальных критериев.

Испытание исходного материала на комбинационную способность хотя и целесообразно, однако повышает затраты труда и времени при создании гетерозисных гибридов. Поэтому часто прибегают к косвенным критериям для подбора исходного материала, из которых заслуживают внимания следующие.

1. Высокая комбинационная способность часто обеспечивается в тех случаях, когда самоопыленные линии получают из популяций различного географического происхождения, не имеющих тесных родственных связей. Однако слабые родственные связи или даже отсутствие их не являются надежной гарантией высокой комбинационной способности.

2. Скрещивание линий, принадлежащих к различным подвидам или разновидностям, во многих случаях дает лучшие результаты, чем скрещивание линии той же таксономической единицы.

3. Линии, полученные из межлинейных и сортолинейных гибридов, часто имеют более высокую комбинационную способность, чем линии, выведенные из сортов или межсортовых гибридов.

Исходный материал у аллогамных видов гетерозиготный и имеет более или менее ясно выраженную изменчивость по комбинационной способности. Путем принудительного самоопыления и отбора следует выделять из этого материала линии, обладающие высокой комбинационной способностью и стойко наследующие ее благодаря своему гомозиготному состоянию. В большинстве случаев самоопыленные линии создают с помощью *стандартного метода*. Помимо него используют и методы *рекуррентного отбора*, которые часто обеспечивают высокую эффективность, но связаны с повышенными затратами труда и времени. Для улучшения существующих линий можно применять методы комбинационной селекции: беккроссный или конвергентной селекции. Значительно уменьшить затраты на создание линий позволяют методы получения гомозиготных линий на основе гаплоидов.

**Стандартный метод.** Это разновидность индивидуального отбора на основе принудительного самоопыления. В применении к одной популяции исходного материала он представлен на рисунке 68. В практической же селекции создание линий следует проводить одновременно из возможно большего числа популяций.

**Рекуррентный отбор.** Преимущество рекуррентного отбора заключается в том, что уже с первого цикла отбора важнейшим критерием служит комбинационная способность, в то время как при стандартном методе отбор на комбинационную способность начинают, как правило, с I4 или I5. Однако затраты средств и времени при рекуррентном отборе выше, чем при использовании стандартного метода. На начальном

этапе гетерозисной селекции стандартный метод предпочтительнее; значение же рекуррентного отбора как важного метода создания исходного материала для выведения линий возрастает позднее.

**Методы комбинационной селекции.** В том случае, когда селекция на гетерозис достигла определенного уровня и в распоряжении селекционера имеются продуктивные гибриды и ценные линии, можно использовать методы комбинационной селекции в целях дальнейшего улучшения существующих линий по определенным признакам и свойствам (устойчивость к болезням, качество продукции, продолжительность вегетационного периода). Если в линии придется вводить генетически простые признаки, то применяют метод возвратного скрещивания. Так поступают, например, при необходимости введения в какую-либо линию гена — восстановителя фертильности или при переводе линии на цитоплазматическую стерильность, а также при передаче моногенно наследуемой устойчивости. Если же надо ввести в линии количественные признаки, то используют метод педигри.

**Получение гаплоидов.** Создание линий методом самоопыления — процесс продолжительный: необходимо по крайней мере 5—6 поколений. Однако гомозиготные формы (линии) могут быть получены не только посредством принудительного самоопыления, но и путем создания гаплоидов и удвоения у них числа хромосом (см. главу 9).

Линий, созданных на основе гаплоидов, пока значительно меньше, чем линий, полученных принудительным самоопылением. Это объясняется рядом методических трудностей, до сих пор не преодоленных полностью у многих видов растений.

Создание линий на основе гаплоидных растений — перспективный метод, который может привести к значительной рационализации селекции на гетерозис. Важное значение для генетических и физиологических исследований имеют разработка новых методов и более широкое применение существующих.

**4.** Не каждое скрещивание двух линий приводит к получению гетерозисных гибридов, так как различные генотипы в неодинаковой степени способны обеспечивать эффект гетерозиса. Чтобы найти наиболее пригодные для этого линии, необходимо проводить диаллельные скрещивания, в которых каждую получаемую линию скрещивают с каждой другой изучаемой линией. Поскольку селекционерам приходится иметь дело с сотнями и даже тысячами линий и сортов, то перекомбинировать их во всех сочетаниях не представляется возможным. Для сокращения объема работы можно разбить все линии на сравнительно небольшие группы, например по 8—10 линий, и провести диаллельные скрещивания в пределах каждой из них в отдельности.

Оценка на комбинационную способность линий на основе испытания их гибридов  $F_1$  может быть проведена по двум критериям: по общей (ОКС) и специфической комбинационной способности (СКС).

С помощью первого критерия выявляют линии, в среднем давшие наиболее урожайные гибриды. Для этого по каждой линии определяют средний урожай всех ги-

бридов, в создании которых она участвовала. Линии, гибриды которых, характеризуются высокой средней урожайностью, имеют хорошую общую комбинационную способность. Таким образом, показатель ОКС всегда относится к одной конкретной линии.

Высокоурожайный и экологически пластичный двойной гибрид получается не от любой комбинации простых гибридов. Поэтому необходимо подвергнуть простые гибриды диаллельному скрещиванию и испытать их на комбинационную способность. В полном объеме выполнить это нельзя, так как общее число возможных комбинаций достигает громадной.

К тому же, в этом случае диаллельное испытание простых гибридов нужно провести в разных местах и с повторениями во времени, чтобы иметь возможность отделить случайные взаимодействия между генотипом и средой от эффектов комбинационной способности. Поэтому для определения лучших двойных комбинаций можно использовать математический путь на основе данных, полученных при диаллельном испытании на СКС. Эмпирически М. Дженкинс (М.Т. Jenkins, 1934) нашел, что урожайность двойного гибрида имеет высокую корреляцию со средней урожайностью четырех простых гибридов, не используемых в завершающем скрещивании. В частности, из четырех линий двойного межлинейного гибрида  $\{A \times B\} \times (C \times D)$  можно создать всего шесть простых гибридов:  $A \times B$ ,  $A \times C$ ,  $A \times D$ ,  $B \times C$ ,  $B \times D$  и  $C \times D$ . Первый и последний из них — родительские, все остальные — неродительские гибриды. Урожайность двойного гибрида можно приблизительно рассчитать по формуле

$$(A \times B)(C \times D) - (\hat{C}) + (AxP) + BxC) + (CxP) \quad (\text{вд})$$

В селекционном процессе с экономической точки зрения вполне допустимо проводить кастрацию и скрещивания вручную, так как потребность в семенах для испытания на комбинационную способность сравнительно невелика. Если же необходимо производить гибридные семена для производства, то ручные методы создания гибридов, как правило, неприменимы. Временным исключением могут быть виды растений с высоким коэффициентом размножения, легкой скрещиваемостью и низкой нормой высева семян на единицу посевной площади.

**5.** Цитоплазматическая мужская стерильность основана на взаимодействии между генами ядра (хромосом) и генами или детерминаторами, находящимися в цитоплазме. Собственно причина ЦМС заключена в цитоплазме. Цитоплазму, содержащую гены мужской стерильности, обозначают символом  $S$ , цитоплазму, не обуславливающую мужскую стерильность, — символом  $N$ . Действие «стерильной» цитоплазмы зависит от присутствия в ядре клетки аллелей генов — восстановителей фертильности, обозначаемых символом  $Rf$ — $rf$ . Стерильная цитоплазма  $S$  вызывает стерильность мужских генеративных органов цветка, если в ядре клетки присутствует рецессивный аллель  $rf$  гена — восстановителя фертильности. Доминантный аллель  $Rf$  подавляет (ингибирует) действие цитоплазматических генов мужской стерильности

Ядерно-плазменные взаимодействия, влияющие на фертильность мужских органов цветка, были найдены у значительного числа видов растений, в том числе у кукурузы, сорго, проса, хлопчатника, табака и др.

**Производство двойных гибридов на стерильной основе типа ЦМС.** Характер взаимодействия между цитоплазмой и генами — восстановителями фертильности при производстве семян двойного гибрида на основе ЦМС по схеме *неполного восстановления*. Место идиотипов в схеме скрещивания определяется функцией простых гибридов при создании двойного гибрида. Простой гибрид  $A \times B$  должен иметь мужскую стерильность, так как он служит материнской формой для двойного гибрида. В связи с этим необходимо, чтобы линия  $A$  имела стерильную цитоплазму и чтобы линии  $A$  и  $B$  не несли доминантный аллель гена — восстановителя фертильности. Иначе обстоит дело с простым гибридом  $C \times D$ . При создании двойного гибрида он служит отцовской формой и поэтому должен обладать мужской фертильностью. Но для получения простого гибрида  $C \times D$  без ручной кастрации линия  $C$  должна иметь стерильную цитоплазму. А чтобы гибриды от использования этой линии, получившие от матери стерильную цитоплазму, были мужски фертильными, в линии  $D$  необходимо присутствие доминантного аллеля гена — восстановителя фертильности ( $RfRf$ ). Когда скрещивают простые гибриды ( $A \times B$ ) и ( $C \times D$ ), образуется двойной гибрид  $(A * B) * (C \times D)$ . Относительно гена — восстановителя фертильности происходит расщепление на 50% особей  $Rfrf$  (фертильные) и 50% особей  $/#f$  (стерильные). Таким образом, в данном случае лишь половина растений двойного гибрида имеет мужскую фертильность.

**Создание линий с ЦМС.** Линии с цитоплазматической мужской стерильностью должны обладать генотипом  $S rfrf$ . Это означает, что сами по себе они не способны к воспроизводству. Чтобы обеспечить размножение таких линий, требуется аналогичная линия того же генотипа, но с фертильной цитоплазмой. Если линия с ЦМС оплодотворяется ее фертильным аналогом, то расщепления по фертильности не происходит, поскольку цитоплазма передается потомству со стороны материнского компонента. От опыления андростерильной линии ее фертильным аналогом получается андростерильное потомство. Таким путем и размножают стерильные линии.

**Создание линий — восстановителей фертильности.** Для каждой гибридной комбинации требуется линия — восстановитель фертильности, которая должна быть гомозиготна по гену — восстановителю фертильности ( $RfRf$ ). Доминантные аллели гена — восстановителя фертильности можно найти во всех популяциях, содержащих особи с цитоплазматической мужской стерильностью. Однако для создания линий — восстановителей фертильности целесообразно использовать в качестве источников генов-восстановителей генетически испытанные и оправдывающие себя в селекционных программах формы.

У кукурузы известны разные формы цитоплазматической мужской стерильности. Первоначально во многих странах преобладающую роль играл *техасский тип* (Т) благодаря его хорошей экологической стабильности. Однако в южных странах он теряет свое значение в результате связанной с цитоплазмой Т высокой чувствительностью кукурузы к гельминтоспориозу (*Helminthosporium maydis*, обозначаемый сей-

час как раса *T Coch-liobolus heterostrophus*). Вследствие этого возрос интерес к другим формам цитоплазмы, вызывающим мужскую стерильность, хотя они экологически менее стабильны, чем тип *T*. К этим формам относятся прежде всего *молдавский тип* (*M*), известный также под названием *S* или *USAD*-тип. В СССР оба типа ЦМС — *техасский* и *молдавский* — применялись почти в равной степени. В 1975 г. из США получены образцы с цитоплазмой *C*-типа, источником которого является местный сорт из Бразилии, и включены в селекционный процесс. С 1986 г. начался выпуск гибридов с цитоплазмой *C*-типа (районировано три первых гибрида). В последующие два года районировано еще по два гибрида, в 1989 г. — один гибрид. В Государственный реестр ... на 1998 г. было включено уже 33 гибрида с цитоплазмой *C*-типа.

Мужская стерильность помимо цитоплазматической может быть вызвана и ядерными генами (*Ms—ms*). Так как гомозиготные стерильные формы *msms* невозможно размножить в качестве линий, их постоянно следует воспроизводить из гетерозиготных форм *Msms*. В потомстве гетерозиготного по гену мужской стерильности растения (*Msms*) выщепляется 25% стерильных форм (*msms*) и более. Мужски фертильные формы (*Msms* и *MsMs*) выбраковывают. Их можно распознать с помощью сигнальных (маркерных) признаков, которые обусловлены генами, сцепленными с доминантным аллелем гена стерильности (*Ms*) и проявляющими свое действие на ранних этапах онтогенеза. Формы, обладающие ЦМС (*msms*), можно без ручной кастрации опылять пылью другой формы с хорошей комбинационной способностью для получения гибридов.

У сахарной свеклы гетерозисная селекция возможна на основе комбинации генной и цитоплазматической мужской стерильности. У этой культуры андростерильную цитоплазму обозначают буквой *S*, а нормальную — *N*. Имеются два гена — восстановителя фертильности: *X—x* и *Z—z*. Их доминантные аллели подавляют влияние стерильной цитоплазмы. Кроме того, у сахарной свеклы наблюдается генная мужская стерильность, обусловленная рецессивным аллелем гена *A*. Доминантный аллель обеспечивает мужскую фертильность.

Простой гибрид *A* × *B* получают путем скрещивания обладающей ЦМС линии *A* (идиотип *Sxxzz*) с фертильной линией *B* без гена-восстановителя (идиотип *Nxxzz*). Гибрид *A* × *B* имеет цитоплазматическую мужскую стерильность. Для получения двойного гибрида необходим второй простой гибрид *C* × *D* с мужской фертильностью.

Самостерильность возникла в ходе эволюции как приспособление для предотвращения самоопыления. Она может быть использована для создания гибридов без ручной кастрации. Известно несколько типов самостерильности. В большинстве случаев она управляется серией множественных аллелей ( $S \setminus S_n$ ). Оплодотворение осуществляется только в том случае, если пыльца, попадающая на рыльце, имеет другой аллель, чем ткань пестика цветка растения. Таким образом, явление самостерильности обнаруживается при попадании не только пыльцы на рыльце того же растения, но и пыльцы с других растений, имеющих один или два аллеля самостерильности того же типа, что и опыленное растение.

Простые гибриды, как и линии, самостерильны. Для взаимного опыления простых гибридов необходимо, чтобы они имели различные аллели самостерильности.

Если две самофертильные формы скрещиваются между собой путем свободного переопыления, то помимо гибридных растений в потомстве оказываются и негибридные особи. Возникшие таким образом негибридные растения не проявляют эффекта гетерозиса и тем самым снижают среднюю урожайность потомства. При выращивании рассадным способом возможна выбраковка негибридных растений при пикировке, если эти растения маркированы сигнальным признаком (рис. 74). Сигнальными,

или маркерными, могут быть любые гены, находящиеся у материнской формы в рецессивном, а у отцовской формы в доминантном состоянии и проявляющиеся в самый ранний период развития (определенная пигментация листьев или стебля, опушенность, форма молодых листьев и др.). На представленном рисунке ген-маркер *a* обеспечивает образование светло-зеленых листьев без воскового налета; его доминантный аллель *A* обуславливает формирование листьев с восковым налетом и темную окраску. Все негибридные растения, возникающие от опыления материнской формы своей собственной пылью (*aa*), в поколении *F*<sub>1</sub> проявляют рецессивный признак и подлежат удалению. Все растения с доминантным признаком сформировались в результате опыления пылью отцовской формы и представляют собой гибриды (*Aa*). Их и используют в производстве.

## **Тема 7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ БИОТЕХНОЛОГИИ**

1. РАСШИРЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО БАЗИСА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ
2. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ НА УРОВНЕ КЛЕТОК
3. БИОМЕТРИКО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В СЕЛЕКЦИИ
4. ОЦЕНКА СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

**1.** Все большее значение в селекции растений приобретают различные методы биотехнологии, включающие микроклональное размножение ценных элитных растений, эмбриокультуру и культуру меристем, культуру пыльников, клеточную селекцию на основе соматической изменчивости, соматическую гибридизацию протопластов и др. В перспективе серьезные надежды возлагают на генную *инженерию*.

Для выполнения указанной работы необходимы лабораторные помещения с соответствующим технологическим оснащением. Для любых исследований *in vitro* обязательны *ламинарбоксы*, *климатическая камера* и *стерильное помещение*.

Обычные методы селекции, основанные на комбинациях, рекомбинациях и отборе, неизбежно ведут к обеднению генетической изменчивости, следовательно, к сужению генетического базиса и к связанной с этим генетической уязвимости. Только путем постоянного расширения генетического базиса можно обеспечить эффективность селекции растений в будущем. Методы культуры ткани могут сыграть здесь большую роль.

**Преодоление прогамной несовместимости (оплодотворение *in vitro*).** Прогамная несовместимость может быть преодолена путем оплодотворения *in vitro* (оплодотворение в пробирке). Это предполагает успешную культуру завязей и семян *in vitro* и овладение условиями для проращивания пыльцы на стерильной питательной среде. Дж. П. Нич (J.P. Nitsch) в 1951 г. разработал метод культивирования завязей томата и огурца и первым добился образования в плодах огурца *in vitro* жизнеспособных семян.

**Преодоление постгамной несовместимости (эмбриокультура).** С тех пор, как Ф. Лэйбах (F.Z. Laibach) в 1925 г. впервые смог вырастить молодые эмбрионы обычно стерильного межвидового гибрида льна *Linum perenne* x *L. austriacum* до жизнеспособных всходов, этот метод был многократно успешно применен, особенно в последние 35 лет, в комбинациях трудноосуществимых межродовых и межвидовых скрещиваний.

**Культура пыльников.** С. Гуха (S. Guha) и С. Махашвари (S.C. Maheshwari) в 1964 г. впервые обнаружили в культуре *in vitro* пыльников дурмана (*Datura*) эмбриоподобные структуры. Два года спустя из такой структуры было получено гаплоидное растение. Авторы указали на происхождение этого растения из гаплоидного пыльцевого зерна.

**Культура пыльцы.** При культуре пыльников редко удается полностью исключить размножение диплоидных клеток ткани пыльника и возникновение из них диплоидных эмбрионов. Поэтому более многообещающими кажутся опыты по андрогенезу *in vitro* не с пыльниками, а с изолированной пыльцой. Первые успехи были достигнуты в культуре пыльцы капусты и томата. Это открывает новый путь для массового производства гаплоидов, которые необходимы в селекции.

**Культура клеток и соматоклональная селекция.** При работе методом культуры ткани используют отдельные участки живых тканей, представляющих собой соединения внешне однородных по структуре, одинаковых по функциям, связанных между собой клеток, имеющих общее происхождение при развитии того или иного органа. А можно ли пойти дальше и изолировать одну клетку? Оказалось, что это осуществимо.

Важная область применения метода культуры ткани — размножение ценных элитных растений с целью получения генетически идентичных клонов для их различного использования в селекции и растениеводстве. Метод обеспечивает:

- 1) сохранение и размножение отдельных генотипов как исходных форм для решения специфических селекционных задач и для экспериментов в области селекции;
- 2) быстрое эффективное размножение новых ценных сортов;
- 3) сохранение и эффективное размножение линий для производства гибридных семян овощных, декоративных и других растений;
- 4) генотипов лесных пород для лесного хозяйства, декоративных древесных растений или подвоев плодовых культур;
- 5) размножение в стерильных условиях в связи с получением безвирусного материала;

б) сохранение сортимента вегетативно размножающихся культур и важнейших перекрестноопыляющихся растений.

**Клонирование на основе культуры меристем верхушек побегов в стерильных условиях.** Пересаживаемые на искусственную питательную среду верхушки побега всегда включают кроме небольшой собственно меристемы стебля также и другие его элементы. Это относится и к получению безвирусного материала. Верхушки стеблей оказываются в условиях *in vitro* в большинстве случаев генетически стабильными. Непрерывный рост и регенерация корней достигаются без больших осложнений. На рисунке 78 схематически изображена последовательность работы при использовании этого метода.

Меры по освобождению от вирусов пораженных ими растений называют очисткой от вирусов. Причем это относится исключительно к вегетативно размножающимся культурам, у которых вирусные болезни могут распространяться и далее с посадочным материалом. Вот почему мероприятия по очистке от вирусов всегда нужно рассматривать в связи с первичным семеноводством, т.е. с сохранением здорового посадочного материала.

Установлено, что концентрация вирусов в растении снижается по мере приближения к конусу нарастания. Сам конус нарастания часто бывает свободным от вирусной инфекции. Этот факт и был использован для оздоровления материала путем изолирования меристемы в стерильных условиях и доведения ее до дифференциации *in vitro*. Изоляция меристемы размером 0,05—0,1 мм очень сложна, и успех дифференциации растений из нее невелик. Поэтому вместе с ней изолируют первые листовые примордии и тогда говорят о верхушке побега, которая имеет размер 0,1 — 1 мм. Благодаря этому хотя и ограничивается надежность получения безвирусного материала, но зато повышается степень его дифференциации.

**2.** Развитие ряда новых методических приемов привело к расширению возможностей генетической инженерии на клеточном уровне. Определяющую роль сыграл метод гибридизации соматических клеток *путем слияния изолированных протопластов* (содержимого растительной клетки, освобожденной ферментативным путем от жесткой оболочки). Такие протопласты от различных растений, в том числе и относящихся к разным видам, легко сливаются, объединяя в гибридной клетке генетическую информацию родительских форм. Например, можно получить слившиеся клетки ячменя и моркови, сои и кукурузы и т.д. Но такое слияние имеет смысл, только если оно приводит в результате к развитию полноценного организма. Затем из этой гибридной клетки можно вырастить целое растение. Данный метод позволяет создавать новые формы растений, не существующие в природе.

Получение протопластов клеток растений оказалось возможным путем обработки в гипертонической среде клеток мезофилла ферментами пектиназой и целлюлазой, действующими на соединительные ткани листа и клеточные оболочки. В этой среде протопласты представляют собой сферические образования зеленого цвета, отделенные

от окружающей среды только цитоплазматической мембраной. Для обеспечения слияния протопластов растительных клеток в качестве индуктора используют нитрат натрия, полиэтиленгликоль и другие вещества. После слияния двух протопластов в единый протопласт появляется возможность клонирования целого растения с суммой признаков родительских форм. При слиянии клеток разных видов удается получать *соматические*, или *парасексу-альные, гибриды*. Этот способ открывает большие перспективы для генетической инженерии растительных клеток, особенно для создания таких геномов, которые вследствие строгой половой несовместимости родительских растений нельзя получить генеративным путем.

Методика соматической гибридизации предусматривает последовательное осуществление следующих этапов -

- 1) препарирование в стерильных условиях нужной ткани;
- 2) приготовление суспензии клеток из ткани, например, из мезофилла листа выбранных родительских растений;
- 3) ферментативное растворение оболочек клеток и получение оголенных протопластов;
- 4) стимуляция клеток;
- 5) обеспечение слияния ядер;
- 6) отбор слившихся гетерокарионтов;
- 7) обеспечение начала деления клеток;

Генная инженерия зародилась в недрах молекулярной генетики. Это новая генетическая технология, позволяющая экспериментировать с отдельными генами и их частями. Однако словосочетание «генная инженерия» все же несколько необычно: термин «инженерия» далек от биологии и предопределяет инженерные методы, а «генная» — передачу генетически обусловленных признаков. И действительно, генная инженерия на основе тщательного анализа материального носителя наследственной информации позволяет реконструировать наследственность. Использование методов генной инженерии дало возможность наладить промышленное производство ряда важных биологически активных веществ для лечения и диагностики наследственных заболеваний. В их числе прежде всего следует назвать инсулин: в ряде стран налажен его промышленный выпуск.

Суть метода заключается в том, что гены одних организмов вводят в геномы других видов, порой очень отдаленных, чего

нельзя добиться традиционным методом гибридизации. С помощью генной инженерии считается принципиально возможным включать в геном избранной клетки гены от практически любых организмов и даже гены, синтезированные химическими методами.

Для улучшения сортов нужный ген вводят в растительную клетку с помощью специальных векторов<sup>1</sup> (рекомбинантных плазмид *Agrobacterium tumefaciens* или *A. rhizogenes*). Затем из трансформированной клетки методом культуры тканей регенерируют полноценное растение с новыми биологическими свойствами, дающее семена нового сорта. Этот процесс показан на рисунке 80 (М. Рив, 1987), где представлены

генно-инженерные манипуляции с растениями при участии этих бактерий. *Agrobacterium tumefaciens* вызывает у растений рак. Бактерия содержит плазмиду 77, сегмент которой (Т-ДНК) способен встраиваться в хромосомную ДНК растительной клетки. Инфекция индуцирует синтез соединений — опинов, которые служат бактериям пищей. Этот механизм инфекции используют для введения в растения чужеродных генов. Идея, проиллюстрированная на рисунке, сводится к включению нужного гена в сайт<sup>2</sup> Т-ДНК и к трансформации клетки растения такой рекомбинантной плазмидой. Клетка должна регенерировать в полноценное растение, причем встроенный ген лишает Т-ДНК ее опухолевых свойств.

**3.** При расщеплении количественных признаков фенотипически невозможно различить отдельные классы генотипов, так как вследствие полигенной детерминации признака каждый отдельный ген контролирует сравнительно небольшую долю его общего выражения и, кроме того, эти небольшие эффекты каждого отдельного полигена легко модифицируются влиянием

Наиболее распространенной мерой варьирования служит дисперсия. Общая дисперсия (фенотипическая дисперсия расщепляющегося поколения) представляет сумму компонентов дисперсии, обусловленных различными причинами. Общую дисперсию можно разложить на компоненты. Эта процедура хорошо известна как дисперсионный анализ опытных данных. Она применяется также и при генетическом анализе. Что касается расщепляющегося поколения, например  $F_2$ , то известно, что здесь фенотипическое варьирование обусловлено, по крайней мере, следующими факторами: воздействием окружающей среды, прямыми эффектами генов (аддитивные генные эффекты), аллельными взаимодействиями (неаддитивные эффекты, доминирование).

Разложение общей фенотипической дисперсии  $(V_p)^x$  на компоненты, обусловленные генетически  $(V_G)$  и воздействием окружающей среды  $(V_E)$ , можно проводить так, что на основе не-расщепляющихся родственных поколений определяется средовая дисперсия  $(V_E)$  и после этого на основе названной уже аддитивности компонентов дисперсии выявляется генотипический компонент  $(V_G)$  как разница между  $V_p$  и  $V_E$ , поскольку  $V_p = V_G + V_E$ .

Генотипические различия между особями расщепляющихся поколений могут быть вызваны по крайней мере двумя причинами:

- 1) аддитивными генетическими эффектами (прямые генные эффекты);
- 2) эффектами доминирования (межаллельные взаимодействия).

В модели на рисунке 82 схематически показаны оба генетических действия. В случае расщепления по гену  $A—a$  расщепляющееся поколение  $F_1$  состоит из генотипов  $AA$ ,  $Aa$  и  $aa$ . Генетические эффекты этих генотипов нанесены на шкалу. Нулевая точка шкалы соответствует так называемому среднему родительскому значению (т.е. среднему арифметическому изучаемого признака двух родительских форм  $AA$  и  $aa$ ). Гомозиготные генотипы  $AA$  и  $aa$  расположены на одинаковом расстоянии от нулевой точки шкалы. Отклонение генотипа  $aa$  от среднего родительского значения равно  $-d$ ,

а соответствующее значение генотипа  $AA$  равно  $+d$ . Эффекты  $+d$  и  $-d$  — это результат действия гомозиготных пар аллелей. Они стойко наследуются и обозначаются как аддитивные эффекты, поскольку суммируются.

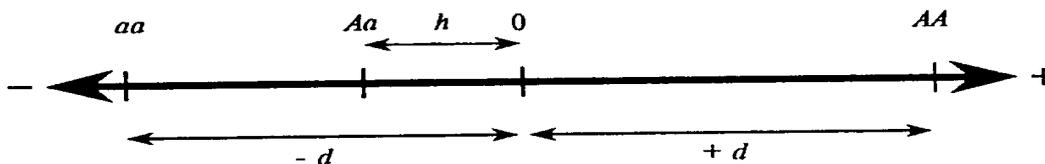


Рис. 82. Модель вкладов аллелей гена

Генетические эффекты, вызванные гетерозиготными генотипами  $Aa$ , не наследуются стойко. При промежуточном наследовании генотип  $Aa$  находится на нулевой точке шкалы. При частичном доминировании любого направления положение генотипа  $Aa$  отклоняется от среднего родительского значения. Эту разницу обозначают буквой  $h$ . Она проявляется как следствие эффектов доминирования и поэтому называется отклонением, обусловленным доминированием. По своему направлению оно может быть как положительным, так и отрицательным.

Для генетических эффектов  $d$  и  $h$  К. Мазер определил теоретически ожидаемую дисперсию. В поколениях  $F_2$  она равна

$$V_{F_2} = \frac{1}{2}d^2 + \frac{1}{4}h^2.$$

4. В процессе селекции с самого ее начала до получения сформированного сорта селекционеру постоянно приходится оценивать селекционный материал и учитывать его засухоустойчивость, устойчивость к распространенным в данной зоне вредителям и болезням, качество продукции, продолжительность вегетационного периода, а в северных районах — зимостойкость, проявление других хозяйственно важных признаков, и прежде всего урожайности у создаваемых селекционных номеров в ходе их проработки в различных питомниках и сортоиспытаниях.

С этой целью по указанным и многим другим признакам и свойствам селекционные номера сравнивают как между собой, с исходными родительскими формами, так и, причем главным образом, со стандартом, т.е. оценивают селекционный материал.

**Стандарт в селекции** — это лучший из распространенных в производстве сортов или гибридов данной культуры, районированный в конкретной зоне. Стандарт служит своего рода масштабом или меркой, сравнение с которой показывает большую или меньшую ценность новых селекционных форм растений.

Под оценкой селекционного материала понимают учет хозяйственных и биологических признаков и свойств, характеризующих хозяйственную ценность создаваемых селекционером линий, семей, сортов и гибридов.

Таким образом, оценка селекционного материала пронизывает весь селекционный процесс, начиная с изучения исходного материала и проведения скрещиваний и кончая созданием сорта или гибрида. Но на завершающем этапе она становится более полной и всесторонней.

Оценка изучаемых селекционных номеров и сортов сельскохозяйственных культур довольно сложна и часто трудоемка.

Методы оценки подразделяют на три группы: 1) полевые, 2) лабораторные, 3) лабораторно-полевые. Испытания проводят в обычных условиях и на провокационных фонах.

**Полевая оценка.** Это главная оценка, сопутствующая всему селекционному процессу. В различных питомниках селекционного материала последовательно изучают и учитывают: особенности роста и развития растений, их устойчивость к болезням и вредителям, к неблагоприятным факторам среды, реакцию на агротехнические приемы, устойчивость к полеганию, пригодность к механизированному возделыванию, продуктивность и урожайность, стабильность этих показателей по годам и др.

**Лабораторная оценка.** С помощью лабораторных методов выясняют биологические и физиологические особенности растений, качество продукции, в частности технологические ее свойства, и т.д. Так, при селекции озимой мягкой пшеницы в лаборатории определяют мукомольные качества зерна, содержание белка и клейковины в нем, их специфичность, хлебопекарные качества муки и др., при селекции хлопчатника — все показатели качества волокна: длину, тонину, диаметр, прочность, зрелость, прядильные качества и др. Многие признаки иммунитета растений к болезням и вредителям, устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды также оценивают лабораторными методами. Роль их в селекции возрастает.

**Лабораторно-полевые методы оценки.** Их применяют, когда полевую оценку селекционных номеров по определенным показателям дополняют лабораторными анализами. Например, при полиплоидизации селекционного материала отбор полиплоидов осуществляют в два этапа. Сначала в полевых условиях их отбирают по ряду внешних признаков: у полиплоидов обычно листья крупнее, шире и толще, цветки больших размеров и т.д. Однако дать окончательную оценку по этим показателям нельзя, она возможна с помощью микроскопического исследования и непосредственного подсчета хромосом, что выполнимо только в условиях лаборатории.

Прямая оценка селекционного материала осуществляется путем непосредственного его осмотра, измерения растений или их органов, подсчета, взвешивания и т.д. Ее проводят по тем признакам, которые можно наблюдать (прохождение фенологических фаз, поражение болезнями и вредителями и др.), подсчитывать (число листьев, колосьев, бобов и т.д.), измерять (высота растения, прикрепления початка и др.), взвешивать (масса растения, зерна).

Косвенный метод оценки применяют только в тех случаях, когда прямая оценка или трудноосуществима в данных условиях, или более трудоемка по сравнению с косвенной.

**Оценка на провокационном фоне.** При оценке селекционного материала на устойчивость к неблагоприятным условиям, например: к засухе, пониженным температурам, болезням, некоторым вредителям, необходимо наличие этих факторов. Однако засуха или суровая зима, эпифитотии различных болезней не бывают ежегодно, распространение опасных вредителей также колеблется по годам. И чтобы объектив-

но оценить селекционный материал по этим показателям, приходится искусственно создавать такие неблагоприятные условия, т.е. проводить оценку на провокационном фоне.

Как уже отмечалось, в ходе селекционного процесса учитывается большое количество признаков и свойств (40—50 по каждой культуре). Если принять во внимание также многочисленность возделываемых культурных растений, то станет понятным, что невозможно рассмотреть все разнообразие методов оценок даже по основным культурам. Ниже приводятся лишь главные из них, позволяющие в полной мере ознакомиться с основными принципами этой важной работы.

Продолжительность вегетационного периода в некоторых случаях имеет решающее значение в формировании урожая. Как известно, рост и развитие растений могут происходить нормально, без задержки при определенном комплексе внешних условий. И длительность вегетационного периода сортов, выводимых для определенной зоны, должна соответствовать тому отрезку времени, в течение которого климатические условия данной зоны наиболее благоприятны для роста и развития растений. Для многих районов подходят сорта с коротким вегетационным периодом. Например, там, где летняя жара и засуха ограничивают благоприятный период вегетации, только скороспелые сорта могут давать полноценный урожай.

В зоне недостаточного увлажнения, где урожай формируется главным образом за счет весенней влаги, можно получать устойчивые урожаи только раннеспелых сортов, способных быстро развиваться и максимально использовать весеннюю влагу.

На протяжении всего вегетационного периода растения находятся под воздействием различных внешних условий. Например, неблагоприятная температура, недостаток или избыток влаги, недостаток питательных веществ, болезни и другие факторы могут привести к задержке развития и роста, а в итоге к гибели в той или иной фазе самого растения.

Из комплекса факторов, обычно приводящих к этому, не всегда легко вычленишь решающий. Поэтому оценку дают не по устойчивости к определенным неблагоприятным факторам, а по количеству растений, достигающих плодоношения и полного созревания, т.е. по их выживаемости, или биологической устойчивости.

Биологическая устойчивость растений — важный показатель сорта, определяемый на завершающих этапах селекционного процесса. Для ее оценки учет густоты стояния растений в посевах проводят не менее двух раз: первый — в период всходов, второй — перед уборкой урожая. Для этого применяют метод пробной площадки или пробного рядка. Один из вариантов такого определения для зерновых обычного рядового посева приведен ниже

Фитопатологические оценки применяют на всех этапах селекционного процесса и начальных стадиях семеноводства, проводя испытание на естественном или искусственном инфекционном фоне. Об устойчивости или восприимчивости судят по двум критериям: по интенсивности поражения растений и проявлению внешне видимых реакций. В связи с этим существуют два подхода к оценкам устойчивости: 1) учет ин-

тенсивности проявления болезни; 2) выявление показателей иммунности или их отсутствия.

Основной метод оценки — испытание селекционного материала на инфекционном фоне. Целесообразно также использовать естественное заражение посевов как селекционного учреждения, так и в местности, благоприятной для развития болезни, куда направляют материал для проведения оценок.

Данная физиологическая характеристика мексиканских сортов способствовала их распространению в десятках стран мира, расположенных на разных широтах и сильно различающихся по природно-климатическим условиям.

Устойчивость растений к инфекции неодинакова. Различают устойчивость расоспецифическую и общую. Первая обеспечивает резистентность к отдельным расам патогена, вторая в определенной мере предохраняет растения от патогена независимо от его разнообразия по вирулентности. Возбудители, одинаково поражающие установленный фитопатолами набор сортов-дифференциаторов, относятся к биотипам одной расы.

Различные растительноядные насекомые причиняют огромный ущерб сельскохозяйственному производству. Эти потери по самым скромным подсчетам исчисляются в мире миллиардами долларов. На борьбу с насекомыми затрачиваются громадные средства. Применение пестицидов не только приводит к материальным затратам, но наносит вред окружающей среде. Поэтому создание сортов, устойчивых к вредным насекомым, весьма заманчиво. Осуществление этого в значительной степени зависит от вида насекомого, вернее от его избирательной способности в выборе пищи. По этому признаку все вредные растительноядные насекомые подразделяют на три группы.

**Полифаги**, или многоядные вредные насекомые, которые поражают не только разные сорта одной культуры, но и растения разных видов, родов, семейств. К ним относятся саранчовые, озимая совка, луговой мотылек, колорадский жук и др. Ясно, что селекция здесь, как правило, бессильна. Бороться с этими насекомыми необходимо путем их уничтожения.

**Олигофаги**, или ограниченноядные насекомые, поражающие немногие (близкие) виды растений в пределах одного рода или семейства. К ним относятся гессенская муха, шведская муха и др.

**Монофаги** — вредоносные насекомые, поражающие одну культуру.

Большая или меньшая устойчивость различных сортов к вредителям может быть обусловлена разными причинами, главные из которых приведены ниже.

**Биохимические особенности тканей и органов.** Содержание в клетках растения определенных веществ может стать препятствием для повреждения его насекомыми.

**Фенологическая специфичность роста и развития растений.** Различия в темпах роста и развития растений могут существенно сказываться на степени их повреждения вредителями.

**Способность к регенерации.** У зерновых культур выявлены достоверные различия в восстановительной способности растений в ответ на повреждения некоторыми насекомыми.

**Анатомо-морфологические особенности.** У некоторых сортов отдельные ткани создают непреодолимое препятствие для проникновения насекомого к месту питания и тем обеспечивают устойчивость растения. Обычно это связано со строением эпидермиса, с наличием опушенности, воскового налета и т.д. **Оценка посевам в очагах вредителя.** Этот метод успешно применяют для оценки исходного и селекционного материала на устойчивость к гессенской мухе. Место посева выбирают заранее по результатам осеннего обследования озимых. Изучаемый материал размещают в очагах распространения вредителя или вблизи от них, что обеспечивает появление на растениях вредного насекомого даже в годы, когда его общее количество невелико.

**Оценка на изолированных посевах.** Выделившиеся по устойчивости сорта и селекционные образцы необходимо оценивать повторно при непосредственном участии селекционера.

**Оценка на провокационном фоне.** Применяя приманочные посева в определенные сроки, благоприятствующие размножению вредителя, можно сконцентрировать его на участке, предназначенном для посева оцениваемых образцов.

Оценка засухоустойчивости селекционного материала. Эту оценку следует проводить на всех этапах роста и развития растений.

Под засухоустойчивостью сорта принято понимать способность растений при относительно небольшом количестве почвенной и воздушной влаги давать достаточно высокий урожай с высоким качеством той продукции, ради получения которой данную культуру возделывают, например: у хлебных злаков — зерна, у кормовых культур — зеленой массы и т.д.

Растения могут подвергаться воздействию трех типов засухи: почвенной, атмосферной и комбинированной (наиболее опасной).

Почвенная засуха выражается в недостатке влаги в почве вследствие длительного отсутствия осадков и продолжающегося испарения влаги растениями и почвой.

Атмосферная засуха чаще всего начинается внезапно. Вызывается она сухими, жаркими ветрами, называемыми суховеями.

Оценка зимостойкости селекционного материала. Озимые культуры, характеризующаясь высокой потенциальной продуктивностью, в зимний период подвержены воздействию комплекса таких неблагоприятных условий среды, как низкие температуры, оттепели, образование ледяной корки, выпирание, выпревание, вымокание, физиологическая засуха.

**Выпревание** проявляется в тех случаях, когда при значительном снежном покрове температура на глубине узла кущения растений держится примерно на уровне 0°C.

**Притертая ледяная корка** образуется в результате таяния снега во время оттепели и последующего снижения температуры. Если толщина ее достигает 3—5 см, а держится она 4—6 нед и более, посева значительно изреживаются и могут погибнуть.

**Вымокание** растений при избыточном увлажнении наблюдается в пониженных местах рельефа в осенний и, главным образом, в весенний периоды.

**Выпирание** растений возникает при частых чередованиях оттепелей и похолоданий, приводящих к поочередному оттаиванию и замерзанию почвы. Вследствие этого у растений обрываются корни и узел кущения или корневая шейка выступает над поверхностью почвы.

Морозостойкость растений зависит от ряда факторов: состояния самих растений, их мощности и фазы развития, осеннего закаливания, глубины залегания узла кущения и др. Оценивают морозостойкость по прямым и косвенным признакам.

Хозяйственная ценность сорта любой культуры определяется не только количеством продукции, получаемой с единицы площади, но и ее качеством. Этот показатель в значительной степени зависит от биологических особенностей растений.

При оценке сортов по качеству продукции следует учитывать, что основные ее показатели (химический состав зерна, содержание жира, белка, крахмала, Сахаров, длина и тонина волокна и др.) сильно изменяются в зависимости от условий выращивания, в частности: от температуры, осадков, света, уровня плодородия почвы, количества и качества удобрений, сроков посева и т.д. Поэтому такую оценку следует проводить в сугубо выравненных условиях, когда агротехника и природные факторы одинаковы при выращивании всех сортов. Показатели качества продукции также сильно колеблются по годам и по районам, поэтому требуется многократная проверка их (за ряд лет) в разных географических пунктах.

Решение задачи максимально механизировать возделывание сельскохозяйственных растений во многом зависит от их особенностей, в частности от высоты, формы куста и др.

Пригодность сортов зерновых культур для механизированного возделывания определяется следующими основными факторами: неосыпаемостью зерна, отсутствием склонности к полеганию растений и пониканию колоса.

Устойчивость к осыпанию зерна. Потери зерна в результате осыпания могут достигать очень больших размеров. Они зависят от времени уборки созревшего хлеба и от сорта.

Устойчивость к полеганию. Некоторые сорта даже при небольшом избытке влаги склонны к полеганию. Полегший хлеб приходится убирать с большим трудом. В связи с этим выведение неполегаемых сортов зерновых культур — одна из важнейших задач селекции.

Продуктивность — средняя масса зерна одного растения, а урожайность — средний урожай с единицы площади посева, например с 1 га. Урожайность определяется произведением продуктивности и числа растений.

Продуктивность растения у зерновых колосовых культур представляет произведение числа продуктивных (колосоносных) стеблей, среднего числа зерен в одном колосе и массы одного зерна. В свою очередь, среднее число зерен в колосе складывается из числа продуктивных колосков в колосе и зерен в одном колоске.

На продуктивность растений влияют такие показатели, как фотосинтетическая продуктивность, соотношение между фотосинтезом и расходом веществ при дыхании и доля зерна в общем урожае.

Урожайность сортов определяют путем прямого взвешивания урожая с учетной площади и расчета на единицу площади: в тоннах на 1 га или в килограммах на 100 м<sup>2</sup>. Кроме того, учитывают влажность и делают перерасчет на воздушно-сухое зерно или на сухое вещество.

## **Тема 8. ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНИКА СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА**

1.СХЕМА СЕЛЕКЦИОННОЙ РАБОТЫ С САМООПЫЛЯЮЩИМИСЯ КУЛЬТУРАМИ

2.СХЕМА СЕЛЕКЦИОННОЙ РАБОТЫ С ПЕРЕКРЕСТНООПЫЛЯЮЩИМИСЯ КУЛЬТУРАМИ

3.ТЕХНИКА СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА

4.ТЕХНИКА ПОЛЕВЫХ И УБОРОЧНЫХ РАБОТ

1. Последовательность и интенсивность селекционного процесса определяются в первую очередь биологией цветения и коэффициентом размножения.

Последовательность и интенсивность селекционного процесса определяются в первую очередь биологией культуры и коэффициентом ее размножения. Исходя из этих предпосылок в селекционном учреждении должна быть разработана конкретная схема селекции каждой культуры, обеспечивающая выведение нужного сорта или гибрида в установленный срок.

Селекционный процесс включает три основных этапа: 1) создание (или выбор) популяций для отбора; 2) отбор исходных родоначальных (элитных) растений; 3) испытание их потомств. В то же время существует большая специфика в организации и проведении селекционной работы с разными группами растений — самоопыляющимися, перекрестноопыляющимися<sup>1</sup> и вегетативно размножающимися, что сказывается и на выборе схем селекции.

Цель селекции самоопыляющихся культур состоит в отборе гомозиготных высокопродуктивных растений, оценке их потомств

и выпуске на их основе нового сорта. Предлагаемая на рисунке 89 схема в общей форме отражает последовательность проработки материала. По такой схеме ведут селекцию пшеницы в Краснодарском НИИ сельского хозяйства имени П.П. Лукьяненко (рис. 90).

Питомники исходного материала служат основным источником генетического разнообразия, из которого отбирают нужные формы растений для последующей работы. В этих питомниках изучают коллекционный материал, мутантные, полиплоидные и другие формы, осуществляют скрещивания.

Коллекционный питомник. Здесь проводят первоначальное изучение исходного материала — лучших сортов отечественной и зарубежной селекции, а также других

ценных для селекции образцов в целях выделения наиболее перспективных форм для дальнейшего изучения и сравнения на следующем этапе селекционной работы (в селекционном питомнике). Кроме того, в коллекционном питомнике пересевают образцы коллекции для поддержания всхожести семенного материала. Пересев проводят через 2—3 года, в зависимости от длительности сохранения всхожести семян конкретной культуры. Здесь можно также высевать многие самоопыляющиеся растения для скрещивания. Но для удобства работы с такими культурами, как рис, арахис и др., закладывают специальный родительский питомник.

Гибридный питомник. В этом питомнике высевают все генерации гибридов от  $F_1$  до  $F_5$ — $F_n$ , а иногда и более поздних поколений. Используют сажальные аппараты, обеспечивающие площадь питания растений 5 x 20, иногда 10 x 20 или даже 10 x 30 см (Мироновский НИИ селекции и семеноводства пшеницы). Стандарт размещают через 20—30 номеров (иногда через 10—20). Размер делянок определяется количеством семян и гибридным поколением (обычно не превышает 10 м<sup>2</sup>). Число рядков зависит от количества зерен в отобранных элитных растениях  $F_1$  и  $1/3$ , а число делянок — от масштабов скрещивания и от числа отборов. Для гибридов  $F_n$  наиболее удобна длина рядков 2 м, для  $F_1$  и  $1/3$  — 6 м.

В гибридном питомнике убирают: а) отдельные элитные растения, выделенные по тем или иным признакам; б) лучшие колосья с отобранных растений (по два—три); в) лучшие семьи старших поколений.

Специальные питомники. В связи с использованием в селекции метода мутагенеза, полиплоидии, культуры тканей и клеток возникает необходимость в специальных питомниках для выращивания мутантных форм или полиплоидов, анеуплоидов, гаплоидов и др.

В группу специальных питомников можно отнести и питомник родительских форм, закладываемый в соответствии с потребностями скрещивания.

Селекционный питомник. В него поступает семенной материал всех элитных растений, отобранных в питомниках исходного материала для изучения и оценки их потомств. Сюда попадают все линии и семьи элитных растений, колосьев и образцов, линии повторных отборов из расщепляющихся семей в селекционном питомнике предыдущих лет посева и другие материалы. Общее их число в крупных селекционных центрах достигает 5—10 тыс. Посев производят с междурядьями от 15 до 30 см в зависимости от условий зоны и других факторов. Размер делянок определяется количеством зерен исходных растений. При этом стремятся к сохранению одинаковой длины рядков, варьируя их число. Семена отдельных растений или колосьев обычно высевают ручными сеялками на делянках длиной 1 м, 3—5 или 6—8 м при размещении на 1 м 10—20—30—40 семян. На делянке может быть от одного до четырех рядков. Иногда практикуют посев в начале и в конце каждой комбинации родительских форм и стандартов.

Семена линий и семей высевают также сеялками (ССФК-7 и др.) на делянках длиной 3—5 м с размещением 30—40 семян на 1 м. Число рядков зависит от количества семян.

Контрольный питомник. Сюда поступают все лучшие номера, отобранные в селекционном питомнике. Количество семенного материала здесь уже достаточное и позволяет перейти к оценке и сравнению испытуемого материала с единицы площади. В связи с этим размер делянки возрастает до 2—10 м<sup>2</sup> и более. Кроме того, вводят повторность опыта. Обычно используют стандартный, или парный, метод сравнения, разработанный П.Н. Константиновым, когда стандарт размещают через каждые два номера. Урожайность номера сравнивают с расположенным рядом стандартом, выражая в процентах к нему.

Предварительное (малое) сортоиспытание. Здесь так же, как и в контрольном питомнике, продолжают оценивать испытуемые номера путем учета урожая с единицы площади. Достоверность данных испытания бывает более высокой. В предварительном сортоиспытании оценивают лучшие линии из контрольного питомника. Учетная площадь делянки — 10—25 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная, расположение сортов рендомизированное (или систематическое). Стандарт размещают через 5—10 испытуемых номеров, которые теперь именуют сортами. Посев проводят сеялкой СН-16П или ССФК-7 с принятой в производстве нормой высева. Число испытуемых сортов обычно 25—30, но при больших объемах работы может достигать 100.

Конкурсное (основное) сортоиспытание. Здесь дают основную оценку самым лучшим сортам, поступившим из предварительного сортоиспытания, выделяя из них те, которые превосходят районированные сорта. Общее число испытуемых в конкурсном сортоиспытании сортов обычно 10—20, но может достигать и 40—50 (например, в Краснодарском НИИ сельского хозяйства при сортоиспытании озимой пшеницы). Посев проводят так же, как и в предварительном сортоиспытании. Удобна для посева и 13-рядная сеялка «Саксония». Повторность шестикратная (допустима четырехкратная), с рендомизированным или систематическим размещением сортов. Площадь учетной делянки для зерновых культур 25—50 м<sup>2</sup> (вполне допустима 10 м<sup>2</sup>), для пропашных — 150—200 м<sup>2</sup>. Как правило, сортоиспытание проводят по двум предшественникам, наиболее распространенным в конкретной зоне.

Экологическое сортоиспытание закладывают во всех селекционных учреждениях любого селекционного центра по двум наиболее распространенным в зоне предшественникам. Принята методика конкурсного сортоиспытания. В него включают по два—четыре лучших сорта, созданных в каждом из селекционных учреждений селекционного центра, и два—три стандарта.

Специальное сортоиспытание. В селекционной практике часто возникает необходимость провести оценку новых сортов по таким показателям, которые нельзя в полной мере выявить при испытании в обычных условиях. В этих случаях организуют специальные сортоиспытания. К ним относят динамическое сортоиспытание, сортоиспытание на разных агрофонах, производственное сортоиспытание и др.

Предварительное размножение. К моменту передачи нового сорта в государственное сортоиспытание оригинатор должен накопить достаточное количество семян, необходимых для рассылки на несколько государственных сортоучастков и для производственного сортоиспытания. Так, семян зерновых и зерновых бобовых культур

необходимо 1,5—2 т. А в случае районирования сорта потребуется большое количество его семян для организации сортоиспытания.

**2.** Названия питомников и их последовательность при селекционной работе с перекрестноопыляющимися культурами те же, что и в селекции самоопылителей. Поэтому здесь следует подробнее остановиться лишь на специфике работы с данной группой культур, обусловленной главным образом биологией опыления растений, что оказывает влияние на технику селекционного процесса.

Главная отличительная особенность работы с этой группой растений заключается в том, что в любом питомнике или сортоиспытании селекционные номера или сорта, находясь рядом, переопыляются и в значительной мере теряют свою исходную генетическую природу. Поэтому собранные с делянки семена генетически уже отличаются от родоначальных; при их посеве сформируются иные растения, отличные от родительских форм.

Селекционный питомник для перекрестноопыляющихся культур должен быть расположен изолированно от других посевов той же культуры. При проработке разного по качеству и направлению отбора материала необходимо подразделить селекционный питомник на несколько и заложить их на разных участках, изолированно друг от друга.

**3.** Но на первых этапах селекционного процесса количество сеянцев каждого образца невелико, что не позволяет дать объективную и полную оценку изучаемых номеров. Лишь в контрольном питомнике впервые появляется возможность перейти к оценке испытываемого материала по урожайности с площади.

Начиная с этого момента и проводят сортоиспытание как таковое. Урожай контрольного питомника обычно используется для посева предварительного, или малого, сортоиспытания.

Условия, определяющие правильность оценки селекционного материала. Основным критерием оценки хозяйственной ценности каждого изучаемого сортообразца служат показатели всех признаков и свойств, полученные в результате испытания в полевых условиях, т.е. в тех условиях, для которых создается новый сорт.

При сортоиспытании так же, как и в любом другом полевом опыте, предъявляют два основных требования: точность опыта и типичность опыта.

На точность опыта влияет целый ряд факторов, которые обязательно нужно учитывать при проведении сортоиспытания.

Один из основных — пестрота плодородия почвы. Устранению его должно быть уделено особое внимание. Этого можно достигнуть разными приемами, в частности: уравнительными посевами, внесением высоких доз органических и минеральных удобрений, длительным применением чистого пара, правильным наложением опыта на размещение опытных делянок в предыдущем году.

Ошибки, вызываемые оказанными выше причинами, называют односторонними.

Типичность опыта. Для соблюдения этого требования необходимо, чтобы сортоиспытание проводилось в таких условиях, которые приняты при возделывании данной культуры в производстве. Однако нужно учитывать непрерывное совершенствование технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

Размещение повторностей на участке. Практика показывает, что при всей тщательности выбора участка и выполнении перечисленных выше требований точность опыта бывает часто низкой, если не соблюдается еще одно важнейшее условие — применение повторности.

Повторность — это одновременный высев испытываемых сортов в нескольких местах участка сортоиспытания. Она может быть двух-, трех-, четырех-, пятикратной и т.д., в зависимости от того, сколько делянок отведено под каждый испытываемый сорт.

Целесообразность применения повторностей заключается в том, что при одновременном высеве сортов в разных местах участка можно свести к минимуму случайные причины, обусловленные микроусловиями. Без этого отдельные сорта могут случайно оказаться на делянке, лучшей или хорошей по рельефу, удобренности и т.д.

В сортоиспытании принят метод организованных повторений. Суть его состоит в том, что делянки с полным набором всех сортов объединяют территориально в компактную группу, составляя определенным образом организованное повторение в рамках общей площади всего сортоиспытания.

Применяют два способа размещения организованных повторений: сплошное, когда все повторения находятся рядом на одном участке, и разбросное, когда повторения по одному или несколько расположены в разных частях поля или даже на различных полях.

В сортоиспытании применяют три основных способа размещения сортов по повторностям: стандартный, систематический и рендомизированный (случайный).

Стандартный, или парный, метод сортоиспытания используют прежде всего при малом количестве семян, когда применение повторности невозможно или затруднено, например, при изучении большого числа сортов. Сущность стандартного метода заключается в том, что каждый испытываемый сорт высевают рядом со стандартным сортом, с которым его должны сравнивать.

Систематический метод предполагает строго определенную последовательность размещения сортов по повторностям. При этом расположение делянок в повторностях зависит от расположения самих повторностей.

При линейном размещении повторностей делянки, занятые различными сортами, располагаются в одинаковом порядке во всех повторностях по номерам в восходящем порядке (с первого номера и выше). При составлении плана посева сорта в сортоиспытании необходимо группировать по продолжительности вегетационного периода, высевая сначала группу скороспелых сортов, затем среднеспелых и в конце позднеспелые сорта. Между этими группами, а также между повторностями засевают защитные полосы каким-либо одним сортом.

4. Кроме перечисленных факторов точность опытов и сравнимость сортов в значительной степени определяются агротехническими приемами на участке сортоиспытания. Низкое качество выполнения работ не позволяет получить необходимые результаты даже при самой современной методике.

Все подготовительные работы должны быть проведены заблаговременно и весьма тщательно. Составляют рабочий план, который включает подробный перечень сортов с указанием названия и номера по каталогу; в нем должны быть отражены посевные качества семян каждого сорта (всхожесть, чистота, хозяйственная годность, масса 1000 семян, данные о протравливании), норма высева (вычисленная и фактическая).

Посевной материал должен быть высокого качества. Обеззараживание семян всех сортов проводят одинаковыми протравителями и одновременно. Затем проверяют всхожесть и энергию прорастания семян. Определяют норму высева каждого сорта. Перед посевом необходимо установить сеялку на требуемую норму высева семян; этому должна предшествовать тщательная предварительная проверка ее работы.

Разбивку участка осуществляют в соответствии с планом. Для этого необходимы эскер, вешки (4—5), стальная землемерная лента, длинный шнур, колышки, молоток, маркер.

Все сорта высевают в возможно более короткий срок — в один день, во всяком случае в пределах повторности.

До начала сева намечают маршрут посевного агрегата. Он должен исключить возможность излишних проходов сеялки вхолостую. При посеве семенной материал раскладывают вдоль первой (нечетные номера) и последней (четные номера) повторностей.

Приемы ухода за посевами всех сортов должны быть строго одинаковыми как по качеству выполнения, так и по времени проведения. Агротехника высокая, типичная. После появления всходов выделяют учетные части делянок. В период вегетации растений необходимо проводить тщательные метеорологические наблюдения, обращая особое внимание на осадки, температуру, суховеи, поздние весенние и ранние осенние заморозки.

До начала уборки необходимо убрать выключки, определить точный размер учетных делянок, отобрать сноповые образцы для анализа и определения густоты стояния растений перед уборкой, убрать все защитные полосы. Проводят уборку в оптимальные сроки. Она должна быть по возможности механизирована.

Способы уборки зависят от культуры. Зерновые убирают главным образом прямым комбайнированием, используя малогабаритные комбайны.

Основной метод учета урожая в сортоиспытании — метод сплошного обмолота.

## **Тема 9. УЧЕНИЕ ОБ ИСХОДНОМ МАТЕРИАЛЕ В СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ**

### **1. ИНТРОДУКЦИЯ И ЕЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ**

### **2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТРОДУЦИРОВАННОГО МАТЕРИАЛА**

3. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости, установленный Н.И. Вавиловым.

1. Успехи в создании сортов и гибридов различного направления в значительной мере зависят от многообразия исходного генетического материала. Поэтому значение генофондов для селекции возрастает с каждым годом. С их сбора и изучения начинается селекционная работа с любой культурой. Велико разнообразие полезных растений. Однако оно может в значительной степени уменьшиться, если не принять специальных мер по сохранению генофонда культурных растений и их диких сородичей. Во всем мире в последние годы в результате проведения целого ряда мероприятий, хотя и весьма необходимых с точки зрения народного хозяйства (массовых вырубок леса, распашки огромных массивов, строительства плотин и создания водохранилищ и др.), генетическая база растениеводства сильно сужается, так как ликвидируются многие примитивные виды и дикие сородичи культурных растений.

Все разнообразие растительных форм, как возделываемых человеком, так и дико-растущих, используемых при выведении новых сортов культурных растений, называют *исходным материалом*.

В зависимости от происхождения исходный материал можно классифицировать в соответствии со следующей схемой:

*Сорта народной селекции* зерновых злаков, клевера, льна, конопли, картофеля, как правило, сложные по генетической природе и включают ряд форм, а иногда даже разновидностей и видов. Это и обуславливает известную надежность стародавних местных сортов.

*Селекционные сорта* в отличие от местных более однородны. У самоопыляющихся и вегетативно размножаемых культур сорт может быть представлен одной линией или клоном, где практически все растения имеют одинаковый генотип.

Перенос в какую-либо страну или область видов или сортов растений, не произраставших ранее в данной местности, называется *интродукцией* (от лат. *introductio* — введение).

Выбор сортов для интродукции в качестве исходного материала зависит от конкретных условий. Если почвенно-климатические факторы и широта местности, откуда предполагается привлечь интродуцируемый сорт, совпадают с местными условиями, то можно рассчитывать на натурализацию. В этом случае следует отдавать предпочтение ценным селекционным сортам. Если же условия для интродукции сортов ненадежны или мало изучены, когда данная культура впервые осваивается в той или иной местности, следует больше внимания обратить на сорта народной селекции из смежных областей. Может оказаться, что на первом этапе работы они обеспечат более устойчивый урожай, чем селекционные сорта из далеких районов.

Часто при интродукции изучаемые формы обнаруживают явную непри приспособленность к новым условиям. Это обусловлено тем, что способность растений изменяться под влиянием среды ограничена нормой реакции генотипа. Обычно растения могут приспособиться лишь к сходным условиям климата, причем различные формы и сорта проявляют неодинаковую адаптационную способность. Таким образом, акклиматизация — одна из форм интродукции растений, когда приспособление популяции к но-

вым условиям обитания происходит за счет генетического сдвига на основе естественного и искусственного отбора.

2. Интродуцированный материал может быть использован двояко:

1) для непосредственного внедрения в производство, если вновь завезенный сорт или гибрид окажется хорошо приспособленным к местным условиям и высокоурожайным;

2) в качестве исходного материала для проведения отборов и гибридизации при создании новых сортов (для этой цели используется большинство собранных растительных форм).

Исходя из данной предпосылки, весь интродуцированный материал в зависимости от его предназначения можно подразделить на три основные группы: 1) новые культуры, 2) новые сорта существующих культур, 3) источники новых признаков для существующих культур.

**Новые культуры.** Понятие «новая культура» здесь означает любую культуру, впервые завозимую в данный район или страну.

**Новые сорта существующих культур.** Новые, более ценные сорта различных культур распространяются из стран с передовой организацией селекционной работы в другие страны мира, способствуя увеличению количества и повышению качества продуктов питания.

**Источники новых признаков для возделываемых культур.** В тех случаях, когда селекционера интересуют отдельные признаки и свойства, главное внимание при интродукции должно быть уделено тем сортам, которые обладают этими достоинствами. Такими признаками могут быть: устойчивость к полеганию, возбудителям определенных болезней и вредным насекомым, скороспелость, лучшее качество продукции и т.д.

Чем больше известно о географическом размещении, диапазоне и характере изменчивости растений, тем эффективнее можно использовать интродукцию. Исследования советских ученых во главе с Н.И. Вавиловым выявили ряд закономерностей в географическом распределении растительных ресурсов земли, в значительной мере определивших, в каких направлениях надо вести поиски новых растений, новых видов, новых сортов.

**Теория Н.И. Вавилова о центрах происхождения и разнообразия культурных растений.** Ученый показал, что в современную геологическую эпоху видовое разнообразие распределено на земле неравномерно. Ряд областей характеризуется чрезвычайным разнообразием видов. К их числу относятся Юго-Восточный Китай, Индокитай, Индия, Малайский архипелаг, Юго-Западная Азия, Эфиопия, Центральная и Южная Америка, страны Средиземноморья, Передняя Азия и некоторые другие районы. Северные же страны и области — Сибирь, вся Средняя и Северная Европа, Северная Америка — отличаются бедностью видового состава.

Н.И. Вавилов установил восемь самостоятельных мировых очагов (центров) происхождения важнейших культурных растений, т.е. восемь самостоятельных областей введения в культуру различных растений .

I. *Китайский центр* охватывает горные области Центрального и Западного Китая с прилегающими к ним низменными районами. Характеризуется исключительно большим числом культурных растений (Н.И. Вавилов выделил 136), включая представителей умеренной, субтропической и тропической зон.

II. *Индийский (Индостанский) центр* охватывает полуостров Индостан, включая Бирму и индийский штат Ассам и исключая Северо-Западную Индию. Из этого центра происходят 117 культурных растений, в том числе рис, сорго, дагусса, нут, голубиный горох, маш, вигна, канавалия, сахарный тростник благородный, кунжут, сафлор, древовидный хлопчатник, джут, кенаф, конопля индийская, черный перец и др.

III. *Индо-Малайский центр*. Он дополняет Индийский очаг происхождения культурных растений, включая весь Малайский архипелаг, Филиппины и Индокитай. Здесь Н.И. Вавилов выделил 55 возделываемых культур. Этот центр богат плодовыми культурами мирового значения (банан, некоторые цитрусовые, кокосовая пальма).

IV. *Среднеазиатский центр* включает Северо-Западную Индию (Пенджаб), северную часть Пакистана, Афганистан, Таджикистан, Узбекистан и Западный Тянь-Шань. Здесь было обнаружено 42 вида культурных растений; некоторые из них имеют исключительно важное значение в мировом сельском хозяйстве, как, например, гексаплоидная мягкая пшеница.

V. *Переднеазиатский центр* сосредоточен в Передней Азии, включая внутреннюю Малую Азию, все Закавказье, Иран и горную Туркмению. Здесь Н.И. Вавиловым выделено 84 возделываемых культуры

VI. *Средиземноморский центр* характеризуется своеобразным набором культурных растений более ограниченного значения, чем культуры предыдущих очагов. Всего здесь было выделено 84 вида культурных растений. Отсюда ведет начало большое число овощных культур, включая свеклу, капусту, салат. Здесь родина маслины, представленной большим разнообразием.

*Абиссинский центр* — автономный мировой очаг культурных растений в Африке, в котором было выделено 38 культур

VII. *Южноамериканский и Центральноамериканский центр* — основной очаг кукурузы, американских видов фасоли (обыкновенная, многоцветковая, лима, тепари), трех видов тыквы, чайота, перца, многих тропических плодовых.

VIII. *Южноамериканский (Перувиано-Эквадор-Боливийский) центр* охватывает горные области и плоскогорья Колумбии, Эквадора, Перу, Боливии.

IX. *Чилоанский центр*, включающий четыре культуры: обыкновенный картофель, мадию, чилоанский костер и землянику.

VIII. *Бразильско-Парагвайский центр* — небольшой локальный район с 13 культурами, в числе которых такие важные ныне растения, как каучуковое дерево, маниок, арахис, некоторые виды какао, ананас, фейхоа и др.

3. Изучая огромное разнообразие растительных форм, и прежде всего культурных растений, Н.И. Вавилов обнаружил, что у близких видов и родов изменчивость протекает сходным образом. Например, для двух видов пшеницы — твердой и мягкой — легко составить два тождественных ряда наследственных вариаций. Так, оба вида имеют разновидности остистые, полуостистые и безостые, плотноколо-сые и рыхлоколо-сые, с опушенным и гладким колосом, с белым и красным зерном, озимые и яровые, узко- и широколистные, засухоустойчивые и влаголюбивые и т.д.

Отдельные признаки или ряды признаков одинаково проявляются даже у различных семейств. Указанную закономерность Н.И. Вавилов сформулировал в 1920 г. в виде закона гомологических рядов в наследственной изменчивости, ючающего следующие положения.

1. Виды и роды, генетически близкие, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть нахождение параллельных форм у других видов и родов. Чем ближе генетически расположены в общей системе роды и линнеоны, тем полнее сходство в рядах их изменчивости.

2. Целые семейства растений характеризуются определенным циклом изменчивости, охватывающим все роды и виды, составляющие семейство.

## **Тема 10. СОЗДАНИЕ, ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИРОВОГО ГЕНОФОНДА РАСТЕНИЙ.**

1. ОПЫТ РОССИИ И СССР В СОЗДАНИИ МИРОВОГО ГЕНОФОНДА КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

2. АНАЛИТИЧЕСКАЯ СЕЛЕКЦИЯ И МЕТОДЫ ОТБОРА

3. ИЗМЕРЕНИЕ И ПРОГНОЗ ДЕЙСТВИЯ ОТБОРА

1. Постоянный прогресс сельскохозяйственного производства невозможен без широкого использования мирового генофонда культурных растений и их диких сородичей. Причем изучение и сохранение источников генов не терпит отлагательства, ибо в открытых Н.И. Вавиловым и его последователями центрах происхождения культурных растений происходят значительные нарушения природной среды, что ведет к изменениям в структуре отдельных видов растений, к сокращению, а часто и к гибели ценнейшего генетического материала.

Первая в мировой науке попытка организации научных исследований по изучению растительных ресурсов и их интродукции была предпринята в России в созданном в

1894 г. по инициативе Р.Э. Регеля Бюро по прикладной ботанике при сельскохозяйственном ученом комитете Министерства земледелия и государственных имуществ. И хотя развернуть эту работу в широком масштабе не удалось, деятельность Бюро по прикладной ботанике имела важное значение в дальнейшем для развития исследований по использованию растительных ресурсов. За период с 1908 по 1923 г. учеными этого Бюро была организована 31 экспедиция по стране в целях изучения и сбора растительного материала.

**Всесоюзный научно-исследовательский институт растениеводства имени Н.И. Вавилова — центр интродукции растений в СССР.** В 1924 г. на основе организованного в 1894 г. Бюро по прикладной ботанике был создан Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур, переименованный в 1930 г. во Всесоюзный НИИ растениеводства (ВИР). В 1967 г. институту присвоено имя Н.И. Вавилова, который руководил им с 1921 по 1940 г.

Всего с 1920 по 1940 г. было организовано 180 экспедиций, в том числе 140 по СССР и 40 в 64 зарубежные страны. Н.И. Вавилов принял участие во многих экспедициях, посетив 52 страны. Коллекция к этому времени насчитывала около 250 тыс. различных сортов и образцов. Как по численности, так и по составу она была уникальной и самой крупной в мире.

**Карантинные мероприятия при интродукции.** При интродукции растительного и семенного материала возможен завоз из других государств или областей карантинных или иных особо опасных вредителей, возбудителей болезней и сорняков. На такую опасность указывал еще Н.И. Вавилов, который подчеркивал, что организация карантинной инспекции составляет неременную составную часть интродукции растений. Он считал, что ввоз растений из-за границы должен быть централизован, строго контролируем. На новом месте, где могут отсутствовать факторы, сдерживающие их распространение, эти вредители и болезни особенно опасны. Во избежание ввоза с интродуцируемыми растениями и семенами новых вредителей и возбудителей болезней осуществляют целую систему государственных мероприятий, получивших название карантин.

**Длительное хранение генофондов.** Образцы мировой коллекции растений поддерживают периодическим пересевом. Эта периодичность определяется длительностью сохранения всхожести семян. Семена многих культур теряют всхожесть довольно быстро, это требует более частого их пересева, что связано с большими затратами труда, значительными расходами. Частые пересевы образцов с целью поддержания их в жизнеспособном состоянии способствуют засорению материала, могут привести к утрате его генетической целостности. Попытки же повторного сбора утраченных образцов все чаще оказываются безрезультатными, поскольку снова их обнаружить не всегда удается. При поддержании образцов аллогамных культур возникают дополнительные трудности, связанные с необходимостью их изоляции. Проблема еще более осложняется при сохранении форм, обладающих самостерильностью.

Еще большие трудности возникают при поддержании коллекций сортов в условиях тропиков, где в результате значительной влажности и высокой температуры, а также

сильного поражения семян болезнями и вредителями они быстро теряют всхожесть. Поэтому здесь весь материал коллекций ряда культур, например риса в Индии, приходится пересевать ежегодно. Это значительно усложняет сохранение коллекции. С аналогичной ситуацией столкнулись и на Кубе, в частности при поддержании коллекций сортов табака.

В связи с этим возникла необходимость создания специально оборудованных хранилищ для семян, где можно было бы поддерживать их жизнеспособность в течение нескольких десятков лет.

Уникальный опыт непрерывного в течение 25—30 лет хранения семян был использован для выбора технических параметров длительного хранения семян при проектировании

2. До возникновения научной селекции улучшение возделываемых растений осуществлялось путем отбора лучших по внешним признакам особей. Еще в недалеком прошлом отбор был основным методом селекции. Исходным материалом для него обычно служили местные сорта, представляющие собой сложные популяции. При таком отборе селекционер выделяет только те генотипы, которые уже имеются в популяции. Вот почему селекцию того периода назвали *аналитической*.

*Отбор* — один из главных факторов эволюции. В то время как мутации и рекомбинации создают генетическое разнообразие путем случайных изменений генетического кода (мутирование) или случайного расщепления в рамках законов Менделя, *естественный* отбор обеспечивает соответствие природных популяций с окружающей их средой. При этом негативный отбор приводит к устранению из популяции плохо приспособленных, а позитивный отбор обеспечивает сохранение хорошо приспособленных к сложившимся условиям внешней среды особей, что в итоге обуславливает поступательную и направленную эволюцию растений.

Искусственный отбор, проводимый в ходе селекции растений, имеет целью выделение желаемых генотипов. Однако он может быть успешным только в том случае, если отбираемые особи отличаются генетически от остальных особей популяции. Но по фенотипу особи не всегда можно судить о ее генотипе. Это обусловлено двумя основными причинами.

Эффективность отбора существенно зависит от способа опыления (аутогамия или аллогамия) и типа признаков (качественные или количественные), поэтому различают отбор в аутогамных и аллогамных популяциях, а в рамках каждого из этих типов популяций — отбор по качественным и количественным признакам.

К самоопыляющимся (аутогамным) относится большое число однолетних культурных растений: пшеница, ячмень, рис, ряд кормовых злаковых культур, горох, виды рода *Vicia* и рода *Phaseolus*, томат, стручковый перец, табак и др. Однако в зависимости от условий внешней среды у этих растений отмечается и ограниченное перекрестное опыление, что обычно не превышает 4%.

В практической селекции с такими культурами, как хлопчатник, сорго и кофе, часто работают как с аутогамными, хотя у них случаи перекрестного опыления могут составлять гораздо более высокую величину.

**Отбор по качественным признакам.** Качественными признаками называются моногенно обусловленные альтернативные пары признаков, например: устойчивый или неустойчивый к определенной болезни, пигментированный или непигментированный, наличие или отсутствие в растении какого-либо вещества и др.

**Отбор по количественным признакам.** Большинство хозяйственно важных признаков культурных растений обусловлено полигенами. Поэтому они проявляют количественную изменчивость. К таким признакам относятся в первую очередь урожайность и ее компоненты, содержание различных веществ и многие физиологические свойства. Некоторые признаки могут быть обусловлены как качественно (моногенно), так и количественно (полигенно). К ним относятся различные типы устойчивости, высота и архитектура растения. Так как количественные признаки контролируются несколькими или многими генами, в популяциях существует более двух классов гомозиготных генотипов.

К аллогамным (перекрестноопыляющимся) культурным растениям относятся: кукуруза, подсолнечник, свекла, сахарный тростник, шоколадное дерево, виды родов *Cucumis* и *Cucurbita*, люцерна, виды рода *Brassica* и др. Большинство самых важных видов овощных и плодовых растений также перекрестноопылятели. Однако они часто размножаются и вегетативно.

Аллогамные популяции отличаются тем, что в каждом поколении частота встречаемости аллелей каждого гена и частота встречаемости различных генотипов в популяции остаются постоянными, если популяция не подвергается мутагенному воздействию или отбору. Это положение подчиняется закону Харди—Вейнберга. Оно приводит к тому, что степень гетерозиготности во всех последующих поколениях также не изменяется. Таким образом, у аллогамных популяций не наблюдается тенденции к переходу в гомозиготное состояние. Объяснение этого дано на рис. 23. Гаметы в аллогамных и аутогамных популяциях внутри каждой особи образуются одинаково. Но комбинирование гамет (образование зигот) у аутогамных видов происходит внутри каждой особи, и это приводит к их постепенной гомозиготизации. В аллогамных популяциях происходит комбинирование гамет особей всей популяции, так что в любом поколении всегда остается та же самая степень гетерозиготности, если популяция не подвергается отбору.

**Отбор по признакам с полигенным наследованием.** При отборе по количественным, полигенно обусловленным признакам в аллогамных популяциях генотип может маскироваться как межallelными взаимодействиями, так и разнообразным влиянием внешней среды. В аллогамных популяциях, как и в аутогамных, отбор надо проводить в возможно гомогенных условиях внешней среды, чтобы достигнуть большей эффективности.

3. При условии промежуточного наследования, частичного или полного доминирования эффект отбора по количественным признакам зависит от его интенсивности и от силы модифицирующего влияния внешней среды. Необходимо найти возможность измерения этих двух факторов, чтобы планировать и прогнозировать процесс отбора. Интенсивность отбора можно определить с помощью *селекционного дифференциала* ( $S$ ) или *интенсивности отбора* ( $I$ ). Относительную силу воздействия внешней среды и генетического влияния на признак с помощью *коэффициента наследуемости* ( $H^2$ ).

**Интенсивность отбора.** Самой простой мерой интенсивности отбора по количественным признакам служит селекционный дифференциал, обозначаемый  $S$ . Он представляет собой разность между средней величиной признака в популяции отобранных особей ( $x_e$ ) и соответствующей средней его величиной в исходной популяции ( $x_p$ )

$$S = x_e - x_p$$

Чем интенсивнее ведется отбор, тем выше значение  $S$ . Селекционный дифференциал как мера интенсивности отбора имеет серьезный недостаток: с помощью  $S$  строгость отбора по определенному признаку в различных популяциях можно сравнить только в том случае, если изучаемые популяции имеют одинаковую изменчивость определенного признака. Это условие обычно отсутствует.

**Наследуемость.** Отбор будет действенным только в том случае, если хотя бы часть наблюдаемой фенотипической изменчивости признака, подлежащего отбору, обусловлена генотипически. Чем больше доля генотипически обусловленного варьирования признака в его общей фенотипической изменчивости тем теснее связь между генотипом и фенотипом и тем эффективнее отбор.

**Сдвиг при отборе.** Коэффициент наследуемости дает возможность предсказать результат (сдвиг) отбора. *Сдвигом отбора*, или *респонсом* ( $R$ ), называется наследуемая часть селекционного дифференциала ( $S$ ). Она равна произведению последнего на коэффициент наследуемости:

$$R = Shj .$$

С помощью формулы сдвига при отборе можно делать различные прогнозы, в частности предсказать, какой сдвиг ( $R$ ) может быть достигнут при определенном селекционном дифференциале ( $S$ ) или какое значение  $S$  необходимо, чтобы при определенном коэффициенте наследуемости обеспечить заданный сдвиг ( $R$ ).

**Одновременный отбор по нескольким признакам.** В селекционной работе редко проводят отбор только по одному признаку. Обычно параллельно улучшают ряд признаков популяции. Например, возможен одновременный отбор по скороспелости, высокой урожайности и устойчивости к одному или нескольким возбудителям болезней. При одновременном отборе по различным признакам сдвиг, как правило, уменьшается.

Лучшие результаты может дать так называемый *метод бонитировки*. При этом амплитуду изменчивости каждого признака популяции разделяют на определенное число рангов. Для каждого ранга определяют бонитировочный балл.

По каждому растению суммируют бонитировочные баллы признаков и проводят отбор на основании суммы баллов каждой особи.

Более усовершенствованным по сравнению с методом бонитировки стал *метод вычисления частного* от деления значения каждого измеряемого признака на среднее арифметическое значение этого же признака для данной популяции.

## **Тема 11. МЕТОДЫ ОТБОРА. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ОТБОРА**

### **1. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ОТБОРА**

### **2. МЕТОДЫ ОТБОРА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭФФЕКТА ГЕТЕРОЗИСА У АЛЛОГАМНЫХ ВИДОВ**

1. Выбор целесообразного метода отбора зависит от двух важных факторов: а) вида опыления (аутогамия, аллогамия); б) уровня соответствия фенотипа генотипу (доминирование, коэфф. циент наследуемости).

У аутогамных видов растений выбрать правильный метод отбора проще. Он в основном зависит от коэффициента наследуемости. У аллогамных видов сделать это труднее. Причина состоит в том, что при работе с ними можно, с одной стороны, использовать методы, разработанные именно для этих видов, которые, однако, требуют знаний определенных генетических параметров. В частности, здесь не только важна степень доминирования, но и соотношение между аддитивной и неаддитивной вариансами или между общей и специфической комбинационной способностью. С другой стороны, в некоторых случаях можно применять и методы отбора, первоначально разработанные для аутогамных видов, при этом их можно модифицировать с учетом особенностей аллогамных популяций.

**Массовый отбор.** Состоит в том, что из исходной популяции отбирают элитные растения, отвечающие цели селекции. Их семена объединяют и создают новую популяцию (рис. 25). При этом методе предполагают, что фенотипы отобранных растений правильно отражают их генотипы. Такая предпосылка реализуется в аутогамных популяциях лишь в случае отбора по моногенным признакам и отчасти по полигенно обусловленным признакам с высокой наследуемостью. К последним, как правило, относятся: продолжительность вегетационного периода, срок цветения, высота растений, абсолютная масса семян.

Массовый отбор делится на *однократный* и *многократный*. При массовом отборе часть семян элитных растений используют в следующий вегетационный период для проверки результата отбора по сравнению с исходным материалом и со стандартным сортом путем проведения сортоиспытания в нескольких по-вторностях. Другую часть семян высевают как первое поколение потомств элитных растений с целью продолжения отбора (если отбор проводили по количественному признаку). В аутогамных популяциях при отборе по качественному признаку ограничиваются однократным отбором. В работе с сортами отдельных культур для поддержания некоторых показателей, например сахаристости у сахарной свеклы, необходимо применять *непрерывный* массовый отбор.

Массовый отбор при контролируемом опылении. В случае опыления выделенных элитных растений пыльцой всей популяции результативность отбора примерно наполовину ниже по сравнению с взаимным опылением только элитных растений. При контролируемом опылении до начала цветения из исходного материала выбраковывают и удаляют все особи, которые не отвечают цели селекции, что составляет в среднем около 90% особей исходной популяции. Тогда во время цветения перекрестное опыление происходит только между элитными растениями. Однако такой простой вид контролируемого опыления возможен, если признаки, по которым ведется отбор, можно оценить перед цветением.

Повторяющийся (рекуррентный) отбор по фенотипу. Этот метод отбора обеспечивает самую высокую степень контролируемого опыления — аутогамию. Его можно применять только при работе с растениями, не обладающими самостерильностью или другими механизмами, препятствующими инцухту. Довольно часто его успешно используют в селекции кукурузы.

**Индивидуальный отбор.** При индивидуальном отборе так же как и при массовом из исходной популяции отбирают элитные растения, но семена их не смешивают. В этом сущность индивидуального отбора. Потомство каждого элитного растения оценивают в полевом опыте для проверки его генотипической ценности.

Индивидуальный отбор позволяет исправлять ошибки, допущенные при отборе элитных растений, так как потомства от каждого отобранного элитного растения можно проверять, чтобы установить, было ли элитное растение генотипически более ценным или лишь случайно оказалось плюс-модификацией.

Метод половинок. Суть его состоит в том, что контролируемое опыление достигается разделением семян элитных растений и их потомств на части, одна из которых используется для испытания потомств, а вторая для продолжения отбора.

Индивидуально-семейный отбор. После отбора элитных растений в популяции исходного материала потомство каждого элитного растения, называемое семьей, размещают изолированно от остальных потомств. В отличие от обычного индивидуального отбора при изолированном размещении потомств в лучших семьях повторно отбирают элитные растения. По сравнению с первым отбором в исходном материале этот второй отбор имеет то преимущество, что отобранные элитные растения опыляются пыльцой не всех испытуемых растений данной популяции, а только в пределах данной семьи, которая в целом показала хорошие качества. Контролируемое переопыление элитных растений приводит к некоторой гомозиготизации материала, которая, с одной стороны, позволяет более эффективно вести отбор по отношению к аддитивным генным эффектам, но, с другой, вызывает частичную инцухт-депрессию, что следует учесть при дальнейшем испытании потомств.

Семейно-групповой отбор. В популяции исходного материала отбирают элитные растения. В соответствии с определенными физиологическими или морфологическими свойствами и признаками (например, элементами структуры урожая, типом ветвления, габитусом и т.п.) их объединяют, соблюдая при этом принцип индивидуального отбора. Достаточно создать три—четыре группы. Потомства элитных растений

каждой группы семей размещают на изолированном участке. Внутри группы до цветения отбирают лучшие потомства, а остальные выбраковывают. Эти потомства перепыляются между собой в пределах данной группы. Таким образом, вероятность близкородственного размножения уменьшается, а переопыление происходит в рамках сходных семей. Лучшие потомства каждой группы объединяют по принципу массового отбора.

**Клоновый отбор.** *Клоном* называют вегетативное потомство, полученное от отдельного растения или его части.

*Клоновый отбор* — это индивидуальный отбор у вегетативно размножаемых растений. Как и другие методы отбора генеративно размножающихся видов, включает два этапа: отбор элитных растений и испытание вегетативного потомства (клонов).

2. Для особей аллогамных популяций типично, что их материнское и отцовское растения неидентичны по генотипу, и по этой причине все особи показывают более или менее высокую степень гетерозиготности. Следовательно, на выражение признаков могут влиять кроме так называемых аддитивных эффектов генов и неаддитивные эффекты (доминирование и сверхдоминирование). Так как неаддитивные эффекты связаны с гетерозиготным состоянием, то очень важно применять методы отбора, обеспечивающие сохранение у отобранных растений высокой степени гетерозиготности. Продуктивность особей аллогамных популяций зависит не от степени гетерозиготности как таковой, а от того, в какой мере гены, происходящие от материнского и отцовского растений, проявляют положительное аддитивное действие или межallelное взаимодействие. Другими словами, индивидуальная продуктивность особей в аллогамных популяциях зависит от комбинационной способности их родительских форм. Согласно названным двум видам действий генов, комбинационная способность состоит из двух компонентов: *общей комбинационной способности* (ОКС), обусловленной аддитивными действиями генов, и *специфической комбинационной способности* (СКС), зависящей от неаддитивного взаимодействия генов.

**Рекуррентный (повторяющийся) отбор на общую комбинационную способность.** Этот метод отличается от уже обсужденного повторяющегося отбора по фенотипу тем, что не является методом массового отбора, а основывается на принципе индивидуального отбора. В данном случае в отличие от собственно индивидуального отбора элитные растения отбирают на основании не только собственной продуктивности, но и их общей комбинационной способности с *сортом-тестером*.

**Реципрокный рекуррентный отбор.** Реципрокный повторяющийся отбор должен служить для одновременного повышения общей и специфической комбинационной способности. Этот способ используется при наличии аддитивной и неаддитивной вариантов. Причем степень доминирования самого важного из всех признаков, по которым ведется отбор, должен быть больше 1. Реципрокный повторяющийся отбор сходен с рекуррентным отбором на общую комбинационную способность. Разница со-

стоит только в том, что отбор одновременно проводят в двух популяциях, которые взаимно служат друг для друга сортом-тестером.

**Поликросс-тест.** Этот метод применяют для отбора на общую комбинационную способность. С его помощью возможно выделить генотипы, позволяющие образовать продуктивный синтетический сорт. *Поликросс-тест* используют, если рекуррентный отбор на общую комбинационную способность непригоден.

## **Тема 12. ВНУТРИВИДОВАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ**

### **1. ГИБРИДИЗАЦИЯ КАК ОСНОВНОЙ СПОСОБ СОЗДАНИЯ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА**

#### **2. ПОДБОР РОДИТЕЛЬСКИХ ПАР ДЛЯ СКРЕЩИВАНИЯ**

#### **3. ТИПЫ СКРЕЩИВАНИЙ**

#### **4. МЕТОДИКА И ТЕХНИКА СКРЕЩИВАНИЯ**

1. Под *гибридизацией* подразумевают скрещивание двух или большего числа родительских форм, различающихся одним наследственно обусловленным признаком и свойством или большим их числом. Возникающее при таком скрещивании потомство называют гибридным. Путем скрещивания можно рекомбинировать в одном организме признаки и свойства скрещиваемых генотипов, нежелательные выбраковывать, а положительные отбирать и создавать генотипы с новым сочетанием свойств или с новыми признаками.

Путем скрещивания можно добиться сочетания у гибридного потомства полезных признаков и свойств родительских форм. Однако гибридный организм наряду с признаками и свойствами компонентов скрещивания имеет свои особенности как результат конкретного сочетания, развития и проявления тех наследственных возможностей, которые передались через родительские гаметы.

Гибридизация — основной метод селекционной работы, позволяющий в сочетании с отбором создавать новые сорта и оригинальные формы растений. Подавляющее большинство современных сортов получено этим путем.

Цель *комбинационного скрещивания* — получение таких генотипов, которые объединяли бы желаемые признаки и свойства

родительских форм и обеспечивали получение высокопродуктивных сортов.

*Трансгрессивной селекцией* называют направление, опирающееся на планомерные скрещивания в целях получения положительных трансгрессий по урожайности или отдельным признакам.

2. Успех гибридизации, т.е. получение желаемого генотипа, в значительной мере зависит от правильного выбора родительских пар. А это невозможно без всесторонне-

го знания исходного материала и точного определения отдельных признаков и свойств, проявление которых ожидается у нового, рекомбини-рованного организма.

Цель данного метода — объединить по возможности все положительные признаки и свойства разных экотипов в новом сорте. Трансгрессия возникает чаще всего именно при скрещивании географически отдаленных форм. Причем решающий фактор здесь — не просто отдаленность родительских компонентов, а в первую очередь их генетические различия, возникшие в результате влияния географической изоляции.

Практически подбор пар по экологическому принципу осуществляется так. По каждому экотипу выявляют общие, наиболее четко выраженные особенности. Далее выясняют те признаки, которые выделяются в желательном направлении. В скрещивания включают лишь формы с наилучшим выражением общих для экотипа признаков и с наиболее удачным их сочетанием. При гибридизации различных экотипов приходится иметь дело с комплексом наследственных особенностей, которые можно соединить в гибриде. Вот почему такая гибридизация весьма эффективна.

Главным критерием оценки родительских пар при использовании этого метода служит их урожайность и выраженность отдельных ее элементов.

Этот метод был разработан и с успехом применен в селекции яровой пшеницы В.Е. Писаревым еще в 30-е гг.

При использовании данного метода подбора пар родительские формы должны возможно сильнее различаться между собой по элементам структуры урожая, так чтобы одна дополняла другую по максимальному выражению разных компонентов количества сортов и линий в коллекциях резко возрастает число их возможных сочетаний.

3. В селекции применяют различные типы скрещиваний. Их выбор определяется конкретными задачами, которые стоят перед селекционером. От этого выбора во многом зависит и результативность селекции. Необходимо принимать во внимание генетические последствия скрещивания и степень сложности наследования рас

Аутогамные растения гомозиготны, поэтому при их скрещивании поколение  $F_1$  бывает гетерозиготным, генетически однородным, и только в поколении  $F_2$  проявляется первое расщепление. В следующих поколениях в результате повторного самоопыления происходит процесс гомозиготизации, т.е. повышается доля гомозигот, которые далее не расщепляются. Наоборот, доля гетерозигот постепенно снижается. В результате этого процесса популяция в поздних поколениях после скрещивания состоит почти полностью из гомозигот.

В процессе селекции прибегают к разнообразным скрещиваниям. Типы скрещиваний подразделяют на две группы: *однократные* и *многократные*. В первом случае отбор проводят непосредственно в гибридных потомствах, во втором гибриды повторно скрещивают с одним из родительских компонентов, с третьим сортом или другими гибридами, т.е. осуществляют целую систему скрещиваний.

На основе *простых парных скрещиваний* работа с гибридным материалом сводится к отбору в расщепляющихся поколениях элитных растений и оценке их потомств.

При *реципрокных скрещиваниях* каждый из двух родительских компонентов используют в одном случае в качестве материнской формы, а во втором — в качестве отцовской. При *множественных скрещиваниях (поликроссах)* опыление материнского растения осуществляется смесью пыльцы нескольких отцовских форм.

*Топкроссы*, или, как их раньше называли, *циклические скрещивания*, чаще всего применяют для определения общей комбинационной способности линий и сортов при селекции на гетерозис. Для этого их скрещивают со специальным сортом-анализатором (или гибридом), называемым *тестером*.

*Диаллельные скрещивания* предусматривают получение гибридов между всеми изучаемыми сортами или линиями. К ним обычно прибегают для определения специфической комбинационной способности при селекции на гетерозис.

При использовании метода *возвратных скрещиваний*, или *беккроссов*, полученный гибрид повторно скрещивают с одной из родительских форм.

Селекция на основе беккроссов позволяет получать результаты, которые могут быть предсказаны и воспроизведены повторно. Это единственный метод селекции, обладающий такими преимуществами.

Метод *конвергентной (сходящейся) селекции* (от лат. converge re — сходить, приближаться) основан на применении параллельных возвратных скрещиваний разных сортов-доноров с одним и тем же рекуррентным родителем с целью передачи ему одновременно нескольких ценных признаков. Объединение этих признаков в одном сорте осуществляется на завершающем этапе селекционного процесса путем скрещивания между собой полученных параллельно линий и рекомбинацией соответствующих генов.

При *ступенчатой гибридизации* полученные гибридные растения повторно скрещивают с третьим сортом, а если необходимо, то затем в скрещивание вовлекают и четвертый сорт или вид и т.д. Таким образом, в этих скрещиваниях участвует несколько родительских форм, которые последовательно (ступенчато) включаются в гибридизацию.

Для создания исходного материала с большой широтой генетической изменчивости целесообразно использовать метод *сложного, или межгибридного, скрещивания* (composite cross).

Метод применяют в двух вариантах. Первый заключается в том, что, используя пыльцевую стерильность материнских растений, проводят диаллельное скрещивание большого числа разных сортов. После достижения определенной степени гомозиготности приступают к отбору методом педигри.

В связи с тем, что при использовании этого метода каждый раз происходит слияние гамет двух определенных генотипов, был предложен второй вариант сложного скрещивания, который представляет по сути межгибридное скрещивание. Сущность его заключается в том, что популяция создается путем скрещивания большой группы родительских форм, причем, как правило, скрещиваются сразу же особи  $F_1$ .

**Работа с гибридными поколениями самоопыляющихся культур.** Как было показано выше, гибридные потомства самоопыляющихся культур представляют собой популяции, в которых с каждым последующим поколением увеличивается доля гомозиготных и уменьшается процент гетерозиготных растений.

Метод массовых популяций. При использовании этого метода, называемого также массовым, популяционным, рамш- и Аккарп-методом, потомства гибридных комбинаций, начиная с *F1*, и в последующих четырех—шести поколениях из года в год пересевают без подразделения на линии или семьи. Только после 4—6 лет пересева из полученной гибридной популяции начинают отбирать хозяйственно ценные формы. К

Метод педигри. При использовании этого метода проводят индивидуальный отбор и регистрацию родословных всех отобранных растений и линий в каждом поколении. Сведения о родстве линий, сохраняемых методом педигри в процессе селекции, позволяют более правильно оценивать и выбраковывать их, а также отбирать материал из семей разного происхождения при создании многолинейных синтетических сортов.

**Работа с гибридными поколениями перекрестноопыляющихся культур.** В отличие от самоопыляющихся растений селекция перекрестноопыляющихся видов не может строиться на выделении гомозиготных генотипов. Это связано с биологическими различиями самоопыляющихся и перекрестноопыляющихся культур. Во-первых, у перекрестноопыляющихся видов вследствие аутбридинга растения любого сорта имеют гетерозиготные генотипы, каждый из которых в известной мере отличается от всех остальных генотипов данной популяции. И хотя в каждой генерации может создаваться совершенно новая совокупность рекомбинаций генов, в общих чертах эти совокупности остаются сходными из поколения в поколение. Во-вторых, принудительное самоопыление перекрестноопыляющихся культур, особенно в течение нескольких лет подряд, приводит к инцухт-депрессии потомства. Следовательно, использовать здесь метод педигри в том виде, как при работе с самоопылителями, обычно нельзя.

В связи с этим при работе с гибридными поколениями перекрестноопыляющихся культур обычно используют другие методы Второе направление селекции перекрестноопыляющихся культур, связанное с выведением инбредных линий и получением гетерозисных гибридов.

**4. Получение гибридных семян у самоопыляющихся культур.** Для осуществления контролируемого скрещивания в данном случае необходимы как кастрация, так и искусственное опыление.

Для скрещивания выбирают хорошо развитые цветки, способные образовать хорошо развитые гибридные семена. Поэтому, например, у пшеницы оставляют лишь 10—12 колосков в средней части колоса, а в каждом колоске — только два нижних, самых развитых цветка.

На материнском растении цветки кастрируют, т.е. своевременно удаляют пыльники, чтобы не произошло опыление собственной пылью. Как правило, механически (пинцетом или ножницами) устраняют пыльники или целые тычинки из цветка еще до момента образования способной к прорастанию пыльцы (механическая кастрация). Нужно внимательно следить, чтобы не повредить столбик и рыльце.

Для химической кастрации используют селективные вещества, или гаметоциды, которые препятствуют развитию пыльников и пыльцы и в то же время не оказывают отрицательного влияния на формирование женских генеративных элементов.

После кастрации необходимо защитить цветки от случайного опыления, что достигается изоляцией кастрированного цветка или соцветия с помощью специальных изоляторов. Их изготавливают в виде трубочек, мешочков, пакетиков из пергаменты, целлофана, нейлона, органди и других материалов. На изоляторе или на специальной этикетке записывают названия материнского и отцовского сортов, дату кастрации и опыления.

Пыльцу с отцовского растения переносят на рыльца кастрированных цветков материнского растения, когда они окажутся готовыми к опылению — обычно через 2—5 дней после кастрации. Способность рыльца воспринимать пыльцу можно надежно установить практическим путем, например по липкости его поверхности.

При опылении используют пыльцу главным образом из свежих цветков. Ее жизнеспособность при нормальных условиях температуры и влажности относительно короткая и колеблется от нескольких минут до нескольких часов. Кратковременно хранить пыльцу можно при температуре около 0°C.

**Получение гибридных семян у перекрестноопыляющихся культур.** Как известно, перекрестноопылители представлены видами двудомными, однодомными и с обоеполыми цветками. Биологические особенности этих групп растений накладывают отпечаток на технику получения гибридных семян. Если у самоопыляющихся культур кастрация при скрещивании строго обязательна, то у перекрестноопыляющихся ее необходимо проводить прежде всего в тех случаях, когда аутостерильность встречается редко или не обнаруживается совсем.

У двудомных растений (конопля, хмель, шпинат, спаржа и др.) из посева устраняют до цветения мужские растения материнского сорта, а остающиеся растения отцовского компонента используют для опыления. Их помещают под общий каркасный изолятор или обеспечивают пространственную изоляцию. У однодомных растений с однополыми цветками удаляют мужские соцветия на материнских растениях, а опыление осуществляют пылью с отцовских компонентов. На рисунке 47 показан один из вариантов скрещивания кукурузы. При его применении на материнском растении до цветения удаляют метелку. На отцовском растении перед созреванием пыльцы срезают мужское соцветие у самого основания, располагают его над початком материнского растения и надевают на них общий изолятор. Основание метелки ставят в бутылку или банку с водой, которую привязывают к стеблю кукурузы. Пыльца по мере созревания высыпается из пыльников и попадает на рыльца материнского растения.

У насекомоопыляемых растений для изоляции кастрированных цветков или соцветий используют изоляторы, исключающие доступ к ним насекомых; у ветроопыляемых растений применяют плотные изоляторы, препятствующие проникновению чужой пыльцы в кас

## **ТЕМА 13. ГОСУДАРСТВЕННОЕ СОРТОИСПЫТАНИЕ И РАЙОНИРОВАНИЕ СОРТОВ И ГЕТЕРОЗИСНЫХ ГИБРИДОВ**

### **1. ЗАДАЧИ ГОСУДАРСТВЕННОГО СОРТОИСПЫТАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

### **2. СТРУКТУРА ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ ПО ИСПЫТАНИЮ И ОХРАНЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ И ЕЕ ЗАДАЧИ**

### **3. МЕТОДИКА И ВИДЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО СОРТОИСПЫТАНИЯ**

### **4. ПОРЯДОК ВКЛЮЧЕНИЯ НОВЫХ СОРТОВ И ГИБРИДОВ В ГОСУДАРСТВЕННОЕ СОРТОИСПЫТАНИЕ**

1. Огромная территория СНГ характеризуется большим разнообразием естественно-исторических условий. Различия могут быть связаны с почвенными особенностями, температурным режимом, количеством и распределением осадков и т.д. Становится понятным, что нет и не может быть сортов, одинаково пригодных для всех районов и зон. Поэтому правильный выбор сортов для того или иного района — задача первостепенной важности.

Впервые положение о необходимости организации испытания культур и сортов во всех естественно-исторических районах страны было высказано русским ученым, профессором К.И. Арсеньевым еще в 1818 г. А через 30 лет после этого он опубликовал специальную работу, в которой впервые в науке дал естественно-историческое районирование России по особенностям климата и качеству почвы. Впоследствии русскими учеными В.В. Докучаевым, П.А. Костычевым и др. было разработано деление России на природно-исторические зоны, основанные на взаимосвязи климата, почвы и растительного покрова.

Это зональное деление с позднейшими дополнениями и уточнениями с учетом экономических условий и особенностей агротехники было положено в основу размещения сортоучастков и районирования сортов всех культур по различным почвенно-климатическим зонам страны.

Районирование культур и сортов сельскохозяйственных растений — дело исключительно ответственное. Его проводят на основании объективных данных, полученных в специальных многолетних экспериментах. В СССР был принят такой порядок, при котором каждый сорт или гибрид мог быть допущен в производство лишь после того, как пройдет государственное сортоиспытание. Оно осуществлялось Государственной комиссией по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур при Министерстве сельского хозяйства СССР, созданной в 1937 году. Первоначально ей было

поручено сортоиспытание только зерновых культур, а позднее — всех сельскохозяйственных культур. С 1960 г. в стране было организовано международное сортоиспытание — в 23 областях на 30 государственных сортоиспытательных участках и станциях. На 1 января 1977 г. в ведении Госкомиссии находились 1481 сортоиспытательный участок, в том числе в колхозах — 720, в совхозах — 650, при научно-исследовательских и опытных учреждениях — 79 и на самостоятельной хозяйственной базе — 32 сортоучастка. В результате разрушения СССР эта целостная и высокоэффективная система государственного сортоиспытания распалась; более половины сортоиспытательных участков остались на территориях обособившихся союзных республик. При этом повсеместно сократилось число функционирующих сортоучастков. Соответственно уменьшился и объем исследований. В Российской Федерации в 1998 г. функционировало около 650 сортоучастков из 693 в 1991 г., что свидетельствует о сохранении большинства из них.

2. В соответствии с вышеназванными документами создана единая государственная служба по испытанию и охране селекционных достижений (далее Госсортслужба), включающая в себя (по данным на 1998 г.) Государственную комиссию Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений при Министерстве сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации (далее — Госкомиссия); инспектуры и госсортстанции на правах инспектур Госкомиссии (далее — инспектуры) по 19 республикам, 6 краям и 49 областям; государственные сортоиспытательные станции (далее — госсортстанции) — 21; государственные сортоиспытательные участки (далее — госсортоучастки) — 651; Всероссийский центр по оценке качества сортов сельскохозяйственных культур и 12 лабораторий.

Основная научно-производственная единица государственного сортоиспытания — госсортоучасток, обслуживающий определенную группу административных районов, сходных по почвенно-климатическим условиям. В каждой области, крае, республике имеется по несколько госсортоучастков. Их число зависит от уровня развития сельскохозяйственного производства в конкретном регионе. Наибольшее их количество — в Краснодарском крае (32), а также в Красноярском (28), Алтайском и Ставропольском краях (по 25), в Ростовской и Волгоградской областях (20 и 18), в Республике Башкортостан (17). Меньше всего — в Липецкой, Новгородской, Томской областях (2, 4, 4), в Республике Калмыкия (4).

Госсортстанции подчиняются непосредственно Государственной комиссии или инспектуре по соответствующей республике, краю, области, а госсортоучастки — соответствующей инспектуре или станции. В состав госсортстанции на правах структурных подразделений могут входить госсортоучастки и, при необходимости, лаборатории. На госсортстанцию может быть возложено также выполнение функций инспектуры Государственной комиссии.

На *энтومофитопатологических* госсортоучастках в провокационных условиях и при искусственном заражении оценивают сорта и гибриды по степени их восприим-

чивости к болезням и сельскохозяйственным вредителям. Число таких госсортоучастков невелико. Государственное сортоиспытание и районирование — это заключительный этап селекционного процесса, на котором лучшие селекционные сорта и гибриды  $P\backslash$ , самоопыленные линии и клоны и другие селекционные формы получают официальное признание и рекомендуются для практического использования. Всесторонняя оценка перспективных селекционных форм, выявление их преимуществ по сравнению с соответствующими стандартами по количеству и качеству получаемой продукции или по агрономическим показателям растений, включая невосприимчивость к болезням, вредителям, и по другим признакам и свойствам, обеспечивающим более высокую технологичность сорта или гибрида — одна из главных задач Госкомиссии. Но теперь эти задачи значительно расширены. К числу основных задач Госкомиссии также относятся:

- осуществление единой политики в области испытания и охраны селекционных достижений;
- обеспечение правовой охраны селекционных достижений;
- создание информационных технологий и банка данных по испытанию и охране селекционных достижений;
- руководство научно-методической и организационно-хозяйственной деятельностью подведомственных предприятий, учреждений и организаций;
- осуществление международного сотрудничества в области охраны и использования селекционных достижений и др.

**3.** В работе всех звеньев системы государственного сортоиспытания основным и обязательным руководством служит методика государственного сортоиспытания сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, разработанная на основе многолетнего отечественного и зарубежного опыта работы.

Общие положения методики государственного сортоиспытания едины для всех госсортоучастков независимо от их специализации, производственной базы и географического положения.

К основным элементам полевых опытов относятся: соблюдение принципов единственного различия по генотипу сравниваемых сортов и гибридов и тождества всех условий проведения опыта; выбор наиболее целесообразных формы и размера делянок; определение необходимого числа повторностей в опыте; размещение сортов одной группы с соответствующим стандартом в каждом повторении рендомизированным методом; проведение опытов при заданном уровне обеспечения почвы питательными элементами и по приближенной к производству технологии.

**Расширенное конкурсное сортоиспытание.** Предусматривает включение в сортоиспытание широкого набора сортов и гибридов. Основная задача — сократить сроки изучения, выявить реакцию каждого нового сорта на изменяющиеся условия внешней среды, включая экстремальные воздействия, установить уровень стабильно-

сти проявления количественных и качественных показателей, выяснить степень поражения сортов болезнями, в короткий срок определить возможный ареал сорта и пригодность для возделывания в условиях интенсивной технологии.

**Конкурсное сортоиспытание.** Задача его — дальнейшее всестороннее и углубленное изучение и оценка выделившихся в расширенном наборе новых сортов по уровню урожайности, качеству продукции, степени восприимчивости к болезням и вредителям, пригодности к возделыванию при интенсивной технологии для подготовки предложений о перспективности нового сорта в конкретном регионе (области, зоне и т.д.) и на этой основе определение экономической целесообразности его промышленного семеноводства.

В конкурсное сортоиспытание включают те сорта (помимо узколокального типа), которые по результатам испытаний на нескольких госсортоучастках расширенного набора в целом по агроклиматической зоне, природно-экономическому району или смежным областям, краям, республикам имеют статистически равную урожайность с общим стандартом и удовлетворяют требованиям по основным хозяйственным признакам, а также сорта, несколько уступающие стандарту по урожайности, но существенно превышающие его по другим хозяйственно ценным признакам, составляют серию сортов второго года и подлежат включению в план конкурсного испытания на всех госсортоучастках анализируемой зоны.

**Производственное испытание.** Это заключительный этап государственного испытания лучших сортов или гибридов, которое проводят в хозяйствах или на госсортстанциях в условиях интенсивной технологии производства продуктов растениеводства с использованием рекомендованной для данной зоны системы земледелия.

Главная цель производственного сортоиспытания — окончательно определить пригодность выделившегося в конкурсном сортоиспытании сорта для интенсивной технологии возделывания и установить экономическую эффективность от его внедрения.

В производственное испытание включают сорта и гибриды, превысившие в первый год в расширенном конкурсном испытании стандарт по урожайности на 10% и более при хорошем и отличном качестве продукции или отличающиеся высокой устойчивостью к неблагоприятным факторам среды и невосприимчивостью к болезням, а также все сорта, занесенные в списки перспективных. В качестве стандартов используют районированные сорта соответствующего срока созревания и направления использования, обеспечивающей получение высокого урожая.

**Технологико-экономические испытания.** Задача этих испытаний — выявить сорта, в наибольшей степени соответствующие энергосберегающим технологиям производства продуктов растениеводства в полевых условиях или в защищенном грунте, а также их хранения или переработки и получения вторичных продуктов с установлением экономической эффективности нового сорта в сравнении со стандартом.

4. После выведения в селекционном учреждении нового перспективного сорта его передают в государственное сортоиспытание. Сорт принимают лишь в том случае, если он не менее чем в течение 3 лет во время конкурсного сортоиспытания, проводимого учреждением-оригинатором, превосходил по урожайности и другим хозяйственно ценным признакам стандарт. Для гибридов кукурузы, переведенных на стерильную основу, этот срок сокращен до 2 лет. Кроме этого, все сорта сельскохозяйственных культур до передачи их в государственное сортоиспытание должны проходить не менее 2 лет производственное испытание.

Передаваемый сорт должен быть оригинальным, константным, достаточно однородным, превышающим по урожайности лучшие районированные, а также находящиеся в государственном испытании сорта при более высоких или равных качественных показателях либо превосходящим на достоверную величину районированные сорта по качественным показателям при более высокой или равной урожайности.

**Заявка на допуск селекционного достижения к использованию** подается в Госкомиссию в течение года, но не позднее 1 декабря, а по культурам озимого сева, плодовым культурам и винограду не позднее 15 января.

Заявка должна относиться к одному селекционному достижению. Она должна включать целый ряд документов, перечисленных в правилах, первым из которых является заявление на включение селекционного достижения в Госреестр по соответствующему региону по форме № 300, рассчитанной на ее автоматизированную обработку по 7 разделам, отдельные из которых содержат подразделы «а» и «б». В числе документов должно быть описание селекционного достижения по соответствующей форме, документы, подтверждающие право на подачу заявки и уплату пошлины за подачу заявки и проведение ее предварительной экспертизы. После проведения предварительной экспертизы сведения о принятых заявках публикуются в официальном бюллетене Госкомиссии.

**Заявка на выдачу патента на селекционное достижение** подается в Госкомиссию согласно Перечню родов и видов, селекционные достижения которых подлежат охране в Российской Федерации, утверждаемому Госкомиссией. Заявка на выдачу патента может быть подана и по селекционному достижению, которое зарегистрировано в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию.

Госкомиссия принимает заявки в течение года. Для проведения испытания селекционного достижения на охраноспособность в очередном сельскохозяйственном сезоне заявка должна поступить по культурам озимого сева, плодовым культурам и винограду не позднее 15 января, а по остальным культурам — не позднее 1 декабря.

Заявка должна относиться к одному селекционному достижению. Заявление на выдачу патента пишется по форме № 301 согласно приложению к правилам составления заявки.

Предварительная экспертиза заявки проводится в месячный срок. При положительном ее результате заявитель уведомляется о приеме его заявки. Сведения о принятых заявках публикуются в официальном бюллетене.

## **Тема 14. ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ**

1. СТИМУЛИРОВАНИЕ ГОСУДАРСТВОМ СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВА

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ (РАЙОНИРОВАНИЕ СОРТОВ И ГИБРИДОВ)

1. Государство стимулирует создание и использование селекционных достижений, предоставляя авторам и хозяйствующим субъектам, использующим эти достижения, льготные условия налогообложения и кредитования, а также иные льготы в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Селекционные работы имеют приоритетное значение и проводятся в основном за счет средств республиканского бюджета Российской Федерации.

В соответствии с законом прибыль (доход) и валютная выручка, получаемые патентообладателем и лицензиатами от использования селекционного достижения, не подлежат налогообложению в течение двух лет после допуска селекционного достижения к использованию. По сортам винограда, древесных декоративных, плодовых культур и лесных пород, в том числе их подвоев, этот срок составляет пять лет. Доходы, полученные от использования селекционного достижения госбюджетной организацией, остаются в ее распоряжении.

Патентообладатель обязан поддерживать сорт или гибрид в течение срока действия патента таким образом, чтобы сохранялись признаки, указанные в описании сорта (гибрида), составленном на дату регистрации их в Государственном реестре охраняемых селекционных достижений.

2. По результатам государственных испытаний сортов и гибридов на хозяйственную полезность лучшие из них включаются Госкомиссией в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию.

Для подготовки предложений по важнейшим вопросам государственного испытания и охраны селекционных достижений в Госкомиссии создаются *экспертные комиссии* из числа специалистов Госкомиссии, ученых, представителей органов государственного управления, а также заинтересованных организаций и научных учреждений. Положение об экспертных комиссиях утверждается председателем Госкомиссии.

В 1998 г. был утвержден состав следующих комиссий: по зерновым, зернобобовым и крупяным культурам (17 членов), по кормовым культурам и кукурузе (16), по масличным, техническим, прядильным, эфиромасличным и лекарственным культурам (11), по овощным культурам и картофелю (12) и по плодово-ягодным культурам, винограду и цветочно-декоративным растениям (17 членов).

Важнейшим официальным документом Госкомиссии, издаваемым ежегодно в виде отдельной книги объемом 160—170 страниц, является **Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию**. Он включает в себя названия всех сортов, допущенных Госкомиссией к использованию в предстоящий сельскохозяйственный сезон по итогам государственных испытаний на хозяйственную полезность или, по отдельным родам и видам, сортов растений, допущенных к использованию на основе экспертных оценок или данных заявителя.

Списки сортов в Госреестре в пределах родов и видов составлены по алфавиту, а роды и виды объединены в группы культур по направлению использования, например, зерновые, крупяные, зернобобовые, зернокармливые и т.д.

По сортам, включенным в Госреестр, приводятся следующие данные: номер заявки, название сорта, год включения его в Госреестр (или ранее в Каталог), номер региона, в котором сорт допущен к использованию, и номер оригинатора сорта (Приложение 2). По отдельным культурам указана хозяйственно-биологическая характеристика сорта, обозначенная соответствующими кодами (Приложение 1).

Сорта, охраняемые патентами на селекционные достижения, отмечены значком «(g)» перед номером заявки. Патентообладатели этих сортов в соответствии с Законом Российской Федерации «О селекционных достижениях» пользуются исключительным правом на их использование. Лицензии на действия с семенами этих сортов выдают патентообладатели. На дату 21.05.1998 г. по сортам было выдано 118 патентов на селекционные достижения и более 500 заявок на выдачу патента находилось в Госкомиссии на рассмотрении.

По основным родам и видам допуск сортов к использованию производится по 12 регионам, а по сортам защищенного грунта — по 7 световым зонам (Приложения 3 и 4), а по остальным — в целом по Российской Федерации (эти сорта отмечены в графе «Регионы допуска» знаком «\*»).

## **Тема 15. СЕМЕНОВОДСТВО ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

### **1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕМЕНОВОДСТВА**

### **2. СПОСОБ РАЗМНОЖЕНИЯ КУЛЬТУРЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕМЕНОВОДСТВА**

### **3. ОРГАНИЗАЦИЯ СЕМЕНОВОДСТВА В УСЛОВИЯХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

### **4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРВИЧНОГО СЕМЕНОВОДСТВА**

**1.** В комплексе мероприятий, обеспечивающих получение высоких урожаев, важная роль принадлежит семеноводству.

После районирования сорта встает задача его размножения, ибо цель будет достигнута лишь в том случае, если высокопродуктивный сорт займет необходимые посевные площади, т.е. будет внедрен в производство.

*Семеноводство* — это специальная отрасль сельскохозяйственного производства, функция которого состоит в массовом размножении сортовых семян или получении гибридных семян при сохранении их чистосортности, биологических и урожайных качеств.

В процессе семеноводства осуществляется двуединая задача — размножение высококачественных сортовых семян до необходимого количества и сохранение их сортовых и урожайных качеств. В некоторых случаях, в частности при работе с перекрестноопыляющимися культурами, в процессе семеноводческой работы в научно-исследовательских учреждениях может быть поставлена и реализована цель не только размножения, но и улучшения сорта. Было бы неправильно рассматривать семеноводство лишь как дополнение к селекции, как простое размножение семян путем их пересевов с защитой от засорения. Задачи семеноводства шире. В частности, в процессе семеноводства перекрестноопыляющихся культур можно добиться непрерывного улучшения самого сорта, как это успешно делал в работе с подсолнечником академик В.С. Пустовойт.

В семеноводстве осуществляют два основных процесса: сортосмену и сортообновление.

*Сортосмена* — замена в производстве на основе результатов государственного сортоиспытания старых сортов новыми, более урожайными или лучшими по качеству продукции.

*Сортообновление* — плановая замена семян, у которых ухудшились сортовые и биологические качества, лучшими семенами того же сорта. В обоих случаях необходимо обеспечивать:

-массовое размножение сортовых семян до размеров, полностью обеспечивающих плановую посевную площадь каждого районированного сорта в зоне его распространения;

1) поддержание высоких сортовых качеств производимых семян, т.е. сохранение генетических качеств сорта или гибрида;

2) поддержание сортовых семян в здоровом и максимально жизнеспособном состоянии.

Одной из задач семеноводства перекрестноопыляющихся культур может быть также последовательное улучшение сортов в процессе их размножения, поскольку каждый сорт этих культур представляет собой гетерогенную в генетическом отношении популяцию.

Ведение семеноводства основывается на представлении о процессах воспроизводства сорта — элите и репродукциях, а также об изменении сортовой чистоты семян при их пересевах.

*Элитными семенами*, или *элитой*, называются исходные семена, выпускаемые селекционными или семеноводческими учреждениями. Элита (от фр. elite — лучший, избранный) — потомство лучших, отобранных растений данного сорта, наиболее полно передающих его признаки и свойства.

*Суперэлита* (от лат. super — над + элита) — семена, из которых получают элиту. Суперэлитные семена характеризуются наивысшими сортовыми и посевными качествами. Их получают из питомника размножения в процессе производства элиты.

*Репродукции* — семена, получаемые при последующем ежегодном размножении элиты. Так, при посеве семян элиты получают урожай семян первой репродукции, при посеве семян первой репродукции — семена второй репродукции и т.д.

**Категории семян.** В соответствии с Федеральным законом «О семеноводстве», принятым в декабре 1997 г., семена сельскохозяйственных растений, в зависимости от этапа их воспроизводства, подразделяют на следующие категории:

*оригинальные;*

*элитные (семена элиты);*

*репродукционные* (семена первой и последующих репродукций, а также гибридные семена первого поколения).

К *оригинальным* семенам относят семена сельскохозяйственных растений, произведенные оригинатором сорта (селекционером) или уполномоченным им лицом. Оригинатор сорта обеспечивает его сохранение; данные о нем должны быть внесены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Эти семена выпускаются в I звене системы семеноводства (см. рис. 97 и 98). За рубежом их называют селекционными семенами.

*Элитными семенами* (семенами элиты) названы семена сельскохозяйственного растения, которые получены от посева оригинальных семян сорта и соответствуют требованиям государственных стандартов и иных нормативных документов в области семеноводства. Число поколений элитных семян (семян элиты) определяет оригинатор сорта. Эти семена производят во II звене системы семеноводства (см. рис. 97). За рубежом их называют базисными семенами.

*Репродукционными семенами* назвали семена сельскохозяйственных растений последующих после элитных семян поколений. Эти семена производятся в III звене системы семеноводства. За рубежом эти семена относят к категории сертифицированных семян (1-й, 2-й и 3-й генераций). Отнесение же гибридных семян первого поколения к репродукционным семенам является нонсенсом, так как гибридные семена при пересеве теряют все свои ценные качества и воспроизводятся каждый год заново путем скрещивания родительских форм.

**Классы семян.** В зависимости от посевных качеств семян, определяемых комплексом показателей: чистотой (содержанием семян основной культуры), примесью семян других растений (включая и сорняки), содержанием обрубленных зерновок (для пленчатых культур), влажностью, всхожестью и др., семена делят на три класса — 1, 2 и 3-й.

В основе семеноводства, как и селекции, лежит генетика. Цель семеноводства — наиболее полная реализация урожайных возможностей сорта или гибрида и сохранение их хозяйственно-биологических свойств. С другой стороны, урожайные качества семян зависят не только от их генетической основы, но и от условий формирования, т.е. от условий развития материнских растений. На посевные качества семян влияют

болезни и многие другие факторы, включая их механические повреждения. Поэтому при организации семеноводства необходимо учитывать комплекс факторов и опираться на смежные научные дисциплины — физиологию растений и семян, биохимию, фитопатологию и др. Семеноводство как самостоятельная дисциплина имеет свои технические методы и приемы работы, теоретически обоснованные и апробированные многолетней практикой. Объектами семеноводства служат сорта разных типов и гетерозисные гибриды.

**2.** Способ размножения накладывает очень большой отпечаток на организацию семеноводства той или иной культуры.

**Вегетативно размножающиеся культуры.** В основе вегетативного размножения лежит митотический способ деления клеток, обеспечивающий передачу наследственной информации в неизменном виде. Поэтому при организации первичного семеноводства сорта-клона теоретически достаточно одного родона-чального исходного растения, которое будет воспроизводить во всех последующих поколениях свой генотип в неизменном виде (за исключением очень редких случаев появления соматических мутаций).

**Самоопыляющиеся культуры.** Сорта данной группы могут быть представлены отдельной гомозиготной линией (линейный сорт) или специально составленной комбинацией линий (мультилинейный сорт). В обоих случаях для начала линейного (в сеялках, таре, при уборке, на складе и т.д.), т.е. попадания зерен другого вида или сорта в партию семян основного сорта.

**Биологическое засорение.** Возникает в результате естественного переопыления разных сортов или культур или вследствие возникновения мутаций.

Естественное переопыление перекрестноопыляющихся культур. Переопыление между разными сортами или культурами представляет большую опасность для семеноводства. Например, недопустимо переопыление сахарной свеклы с кормовой или столовой свеклой, масличного подсолнечника — с грызовым или межеумком, сорго — с суданской травой и т.д. Это грозит потерей сорта. Представляет опасность и межсортовое переопыление. Нежелательно соседство диплоидного и тетраплоидного сортов ржи.

Расщепление. У самоопыляющихся культур новые сортовые примеси могут появляться в результате расщепления гетерозисных особей, возникающих при размножении сорта. Принято считать, что основная причина расщепления — гетерозиготность сорта гибридного происхождения. Действительно, некоторые рецессивные гомозиготы могут появляться и в поздних поколениях, когда сорт уже выпущен в производство, однако частота их не столь велика, как считают. Выщепление может происходить и в результате случайного переопыления между растениями с разными генотипами, например между различными линиями мультилинейных сортов.

Появление мутантов. Это постоянно протекающий в растительном мире биологический процесс. Естественные мутации могут затрагивать любой признак. Поскольку

большинство мутантов связано с негативными для организма изменениями, то они ухудшают сорт.

Установлено, что количество мутантов увеличивается при высевах старых семян, обработке посевов гербицидами, туром, термическом обеззараживании семян, хранении их в неблагоприятных условиях и т.п. На воздействие этих факторов следует обращать особое внимание в первичных звеньях семеноводства, где проводят очистку сорта от примесей индивидуальным отбором.

**Поражение растений и семян болезнями.** Грибные, бактериальные и вирусные болезни, поражающие культурные растения, характеризуются чрезвычайно быстрой сменой поколений и имеют очень высокий коэффициент размножения. Часто они передаются через семена, которые могут стать источником распространения инфекции, в результате чего даже самый чистосортный посев оказывается непригодным для получения семенного материала.

**Влияние экологической депрессии.** Сорта могут существенно различаться по экологической пластичности. Высокопластичные сорта способны не только давать высокий урожай в разных зонах, но и формировать высококачественный семенной материал, в то время как сорта малопластичные дают высокий урожай только в строго определенных локальных зонах; здесь же должно быть организовано и их семеноводство.

Если нет необходимого соответствия между генетической природой сорта и окружающей средой, то вследствие нарушения физиологических функций организма ослабляется жизнестойкость растений, снижается их продуктивность и, естественно, качество семян. В связи с этим семеноводство необходимо размещать в оптимальных зонах, насколько это возможно. Проще всего обстоит дело с культурами, имеющими высокий коэффициент размножения.

**3.** В соответствии с основными положениями организации семеноводства выделено три звена. Научно-исследовательские учреждения — оригинаторы новых сортов — обеспечивают исходным семенным материалом районированных и перспективных сортов опытно-производственных хозяйств (ОПХ) научно-исследовательских учреждений и учебно-опытные хозяйства (УОХ) сельскохозяйственных вузов и техникумов.

ОПХ и УОХ производят семена элиты и первой репродукции районированных и перспективных сортов в объемах, обеспечивающих удовлетворение потребности в них специализированных семеноводческих хозяйств, семеноводческих бригад и отделений крупных хозяйств для проведения сортообновления и сортосмены.

Специализированные семеноводческие хозяйства продают сельскохозяйственным предприятиям семена зерновых культур по действующим закупочным ценам или по договорным ценам. Денежные сортовые надбавки за сортовые семена зерновых культур составляли в зависимости от репродукции, категории и класса посевного стандарта — 25—250% к закупочным ценам на товарное зерно.

За семена дефицитных и перспективных сортов зерновых культур сумма денежной сортовой надбавки увеличивается соответственно еще на 20%.

Сельскохозяйственные предприятия должны иметь страховые фонды семян: по зерновым, масличным культурам и травам в размерах до 15% общей потребности в семенах этих культур.

Для ОПХ и УОХ установлены страховые и переходящие фонды семян зерновых культур в следующих размерах: первичных звеньев семеноводства — 100%, суперэлиты — 50% потребности в семенах для закладки этих звеньев, а семян элиты и первой репродукции зерновых культур — 25—30% потребности совхозов и колхозов в семенах для сортосмены и сортообновления.

Переходящие фонды семян элиты и первой репродукции озимых культур в большинстве районов составляют 100% потребности хозяйств в семенах для сортосмены и сортообновления.

Определились следующие основные формы концентрации производства семян: 1) оно сосредоточивается в специализированных семеноводческих хозяйствах с расчетом обеспечения потребности агропредприятий, не производящих собственных семян; 2) крупные хозяйства организуют производство, обработку и хранение семян в семеноводческих отделениях и бригадах с расчетом полного обеспечения потребности хозяйства в сортовых семенах; 3) для районов с неблагоприятными климатическими условиями, где семеноводство неустойчиво, производство семян организуется в специализированных семеноводческих хозяйствах в более благоприятных зонах.

**4.Сорта сельскохозяйственных культур характеризуются совокупностью хозяйственно полезных качеств, сохранение которых в процессе их массового размножения — одна из главных задач семеноводства. В ее решении исключительно важную роль играет первичное семеноводство, т.е. организация, методика и техника выращивания элитных семян. Качество элиты в значительной мере предопределяет ценность семян последующих репродукций.**

Для выращивания высококачественных элитных семян в системе семеноводства используют разные методы. При этом большое значения имеет правильный выбор схемы производства элиты.

Учреждение-оригинатор после районирования его сорта обязано разработать рекомендации по ведению первичного семеноводства, а также подготовить описание признаков нового сорта, по которым следует проводить отбор и браковку нетипичных растений. Эти же документы высылают в соответствующие организации при передаче оригинальных семян для развертывания первичного семеноводства нового сорта.

Выращивание элитных семян начинается в первичных звеньях семеноводства, где применяют оценку потомств по комплексу важнейших признаков и свойств, присущих сорту, осуществляют отбор лучших и браковку худших потомств, обеспечивая сохранение всех особенностей сорта. В работе с сортами как самоопыляющихся, так и

перекрестноопыляющихся зерновых культур применяют главным образом метод индивидуально-семейного отбора с двухгодичной оценкой потомств.

**Питомник отбора.** Для закладки питомника испытания потомств 1-го года сортов самоопыляющихся культур используют семена типичных для сорта и не пораженных болезнями растений или колосьев (метелок), отобранных в питомнике размножения, суперэлиты, элиты или в специальном питомнике отбора.

**Питомник испытания потомств 1-го года.** Его закладывают семенами отобранных элитных растений. Число потомств в этом питомнике зависит от коэффициента размножения семян той или иной культуры и плана-заказа на производство элиты, но во всех случаях оно не должно быть менее 300. Высевают потомства ручными селекционными сеялками с междурядьями 30 см.

Полевые и лабораторные оценки в указанном питомнике проводят по потомствам на основе комплекса хозяйственно важных признаков: продуктивной кустистости, выровненное растений в пределах линии или семьи, устойчивости к болезням и вредителям, величине и озерненности колоса (метелки), крупности зерна, общему урожаю, а главное — типичности для данного сорта.

**Питомник испытания потомств 2-го года.** Предназначен для дальнейшего отбора лучших и выбраковки худших потомств. Размещают его по лучшему для данной культуры предшественнику, исключая механическое засорение посева. Семена высевают сеялкой, широкорядно (через сошник): каждое потомство на отдельный рядок. Посев может быть также трех- и четырехрядковый с меньшей длиной рядка. Для контроля через каждые 20—30 потомств сеют суперэлиты последнего выпуска.

**Питомники размножения 1—4-го годов.** Цель последующей семеноводческой работы, начиная с питомника размножения 1-го года— максимально быстро размножить семена данного сорта при одновременном сохранении и поддержании их высокой сортовой чистоты и урожайных качеств. Для этого семена обеззараживают; растения выращивают в условиях высокой агротехники, т.е. по лучшим предшественникам, при рациональной системе удобрения, тщательном и своевременном уходе за растениями. Для увеличения коэффициента размножения семян снижают норму высева. На всех этапах первичного семеноводства следят за тем, чтобы не допустить засорения семенами другого сорта; в течение вегетационного периода на этих посевах проводят тщательную видовую и сортовую прополки и проверяют их чистосортность путем апробации посевов, начиная с питомника размножения 1-го года. Полученный урожай тщательно очищают и сортируют, чтобы выщелить фракции биологически наиболее полноценных семян.

## **Тема 16. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ СЕМЯН**

1. ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕМЯН НА ИХ УРОЖАЙНЫЕ СВОЙСТВА И КАЧЕСТВО

2. СОРТОВОЙ И СЕМЕННОЙ КОНТРОЛЬ

3. ПОЛЕВАЯ АПРОБАЦИЯ СОРТОВЫХ ПОСЕВОВ

1. Неодинаковая продуктивность растений из разных семян одного и того же сорта обусловлена не только условиями произрастания самих растений, но и условиями формирования семян, из которых они получены и которые по этой причине могут весьма существенно различаться по химическому и биологическому составу, физиологическим особенностям. А эти различия и предопределяют разную физиологическую активность метаболизма и неодинаковую продуктивность растений.

Следовательно, первое условие для получения высокоурожайных семян — определение благоприятной зоны семеноводства.

*Калий* играет важнейшую роль в синтезе и обновлении белка в растениях. Однако в почве обычно имеются достаточные резервы этого элемента, поэтому на внесение калийных удобрений растения реагируют слабо.

Важное значение в формировании высокоурожайных семян имеют *микроэлементы*. Например, доказано положительное влияние *бора, марганца, цинка* и некоторых других микроэлементов на формирование высокоурожайных семян.

Таким образом, на семеноводческих посевах необходимо вносить минеральные удобрения в таких дозах и формах, чтобы создать оптимальные условия для роста и развития растений.

Существенное влияние, хотя и косвенное, на качество семян могут оказывать *предшественники*. Оно обусловлено различным состоянием почвы после разных культур, неодинаковым ее иссушением и выносом питательных веществ из нее.

Лучшим предшественником семеноводческих посевов считается тот, который меньше поглощает из почвы воды и питательных веществ. Культуры по этим показателям могут различаться значительно. Например, ячмень на 1 г сухого вещества расходует вдвое больше воды, чем горох; ячмень с 1 т основной продукции выносит 26 кг азота, а горох, наоборот, накапливает его.

Второе обязательное требование к предшественникам в семеноводстве — исключение всякой возможности засорения сортовых посевов трудноотделимыми культурами и сортами. Лучший предшественник — черный пар.

*Способы посева и нормы высева* должны обеспечивать не только получение высокого урожая, но и формирование выравненных и высокоурожайных семян. Не рекомендуются разреженные посевы зерновых культур в связи с усилением кущения и образованием семян с разными урожайными свойствами на главных и боковых стеблях. При сильно загущенных посевах со слабым обеспечением каждого растения влагой и пищей образуются семена с низкими физическими и урожайными свойствами.

2. Система семеноводства предусматривает постоянный контроль качества производимых семян, охватывающий процессы их выращивания, послеуборочной обработки, заготовки, хранения, реализации и использования. Так как контролю подлежат сортовые и семенные качества семян, он подразделяется на *сортовой* и *семенной*.

*Сортовой контроль* — система мероприятий по определению сортовой чистоты и установлению принадлежности сельскохозяйственных растений и семян к определенному сорту посредством проведения *апробации посевов, грунтового контроля* и *лабораторного сортового контроля*. Цель его — обеспечить все посевы сельскохозяйственных культур высококачественными сортовыми семенами, отвечающими по своим качествам государственному стандарту. Одновременно с оценкой сортовых качеств проверяют соблюдение правил семеноводства, обеспечивающих выращивание высококачественных семян, и подготовку хозяйств к уборке урожая.

*Внутрихозяйственный сортовой контроль* осуществляется непосредственно в хозяйствах на всех этапах выращивания и заготовки сортовых семян. Главная его задача — выявление и обязательное устранение причин возможного ухудшения качества сортовых семян во время вегетации растений, послеуборочной обработки семян, при их транспортировке, заготовке и хранении.

**3. Апробация** — ведущий метод оценки сортовой чистоты посевов. Задачи апробации — определить пригодность сортовых и гибридных посевов для использования в качестве семенных.

Апробация посевов сельскохозяйственных растений проводится по заявкам производителей семян семенными инспекциями с привлечением при необходимости оригинаторов сортов сельскохозяйственных растений, а также научно-исследовательских организаций, научных организаций и физических лиц, занимающихся научными исследованиями в области семеноводства, а также научных организаций, действующих в системе высшего профессионального образования.

Основные задачи полевой апробации — установление достоверности размножаемого сорта, определение чистосортности его посевов, степени их поражения болезнями и повреждения вредителями, засоренности и в итоге — пригодности посевов для использования на семена. Таким образом, цель апробации — обеспечить все посевы сельскохозяйственных культур сортовыми семенами, отвечающими по своим качествам требованиям государственного стандарта.

Апробатор лично отбирает апробационные снопы, проводит их анализ и составляет акт апробации. Он несет личную ответственность за соблюдение правил апробации, своевременное оформление документов, сохранение чистоты и качества семян в период уборки.

Апробация включает следующие этапы.

1. Подготовительную работу, в процессе которой проверяют наличие в хозяйстве документов на высеянные сортовые семена, осматривают посевы в натуре, определяют границы каждого отдельно апробированного участка и соблюдение норм пространственной изоляции для перекрестноопыляющихся культур, делают выключки из сортовых посевов и др.

2. Отбор апробационных снопов путем прохода через поле по наибольшей диагонали и взятия через равные промежутки нужного числа растений. Параллельно

определяют степень засорения посевов (по шкале), учитывая наличие карантинных сорняков.

**3. Грунтовой сортовой контроль.** Существенный недостаток метода полевой апробации состоит в том, что регистрируют состояние сортовых посевов только к моменту уборки (иногда цветения), оставляя вне поля зрения рост и развитие растений в течение вегетации. В этом отношении самым точным является грунтовой сортовой контроль, когда за сортовыми посевами наблюдают в течение всей вегетации.

Грунтовой контроль — установление принадлежности сельскохозяйственных растений и семян к тому или иному сорту и определение сортовой чистоты растений посредством посева семян на специальных участках и последующей проверки сельскохозяйственных растений. В соответствии с Федеральным законом «О семеноводстве», «грунтовому контролю подлежат оригинальные, элитные (семена элиты) и репродукционные семена, поступающие в оборот в соответствии с перечнем сельскохозяйственных растений, утвержденным специально уполномоченным федеральным органом управления сельским хозяйством»

**Лабораторный сортовой контроль** — установление принадлежности семян к определенному сорту и определение сортовой чистоты семян посредством проведения лабораторного анализа. В соответствии с Федеральным законом о семеноводстве «лабораторному сортовому контролю подлежат элитные (семена элиты) и репродукционные семена, поступающие в оборот в соответствии с перечнем сельскохозяйственных растений, утвержденным специально уполномоченным федеральным органом управления сельским хозяйством» (статья 26). На основании биологических и морфологических особенностей семян и проростков имеется возможность установить подлинность и сортовую чистоту многих сортов.

**Полевые обследования.** Государственный контроль за выращиванием гибридных семян кукурузы осуществляется путем полевых обследований, которые проводят в соответствии с утвержденной инструкцией. Их цель — контроль качества обрывания метелок при использовании фертильных материнских форм и контроль полной андростерильности на материнских рядках при производстве гибридов на основе ЦМС.

**Амбарная апробация.** В семеноводстве кукурузы полевая апробация и полевые обследования дополняются амбарной апробацией. Ее осуществляют после переборки початков. От партии семенных початков кукурузы до 10 т отбирают средний образец в пяти местах по 40 початков из трех слоев на разной глубине — всего 200 початков. Если масса семенной партии превышает Ют, то на каждые 3 т дополнительно отбирают по 10 початков. Анализируют пробу початков так же, как и при полевой апробации. Ее разделяют на початки основного типа и примесь других типов. Консистенцию зерна определяют в средней части початка. Ксенийные зерна подсчитывают только на початках основного типа. При этом из анализа исключают початки, частично пораженные головней и более чем на 1/4 поврежденные грызунами.

## Вопросы для самоконтроля

1. Что значит селекция?
2. Какие этапы выделяют в истории селекции?
3. Что такое селекционный центр и какие функции он выполняет?
4. Основной метод селекции?
5. Место селекции среди прикладных агрономических дисциплин?
6. Какими методами создают исходный материал для отбора?
7. Назовите первые селекционные учреждения России?
8. Что такое интродукция, акклиматизация и натурализация растений?
9. Какие способы акклиматизации применялись И. В. Мичуриным?
10. Какова структура ВНИИР им. Н.И. Вавилова и его основные функции?
11. Роль ВНИИР им. Н.И. Вавилова в мобилизации исходного материала для селекции
12. Что такое исходный материал?
13. Как делят исходный материал по происхождению?
14. Какими методами можно получить исходный материал?
15. Перечислите центры происхождения культурных растений, выделенные Н.И. Вавиловым?
16. Какие изменения в классификацию центров происхождения внес П.М. Жуковский?
17. Где и кем впервые озвучен закон гомологических рядов в наследственной изменчивости?
18. Что значит микрогенцентры, и сколько их по классификации П.М. Жуковского?
19. Что значит интродукция и каково ее практическое значение?
20. Каково значение закона гомологических рядов в наследственной изменчивости, сформулированного Н.И. Вавиловым, для селекции?
21. Каковы организационные формы международной координации работ по созданию и использованию генофондов растений?
22. Что означает отдаленная гибридизация?
22. Какие селекционные задачи можно решить с помощью отдаленной гибридизации?
24. В каких случаях метод отдаленной гибридизации имеет преимущества перед другими методами селекции?
25. Кто из селекционеров внес большой вклад в разработку методов отдаленной гибридизации?
26. Какие трудности встречаются на пути использования отдаленной гибридизации и каковы пути их преодоления?
27. Как передаются признаки при межвидовой гибридизации?
28. Что означает генная инженерия?

29. Методы получения трансгенных растений?
30. Какова роль хромосомной инженерии и на чем она основана?
31. Какую роль играет отдаленная гибридизация в защите растений от патогенов?
32. Каково значение естественных и индуцированных мутаций в селекции?
33. Какие известны типы мутаций в зависимости от характера изменения генетической структуры?
34. Какими методами получают индуцированные мутации?
35. Какие источники ионизирующих излучений используются в селекции?
36. Какие дозы ионизирующих излучений считаются оптимальными для получения хозяйственноценных мутантов?
37. Какие химические мутагены и в каких концентрациях чаще всего используют в селекции растений?
38. Как обнаруживают и используют в селекции индуцированные мутации у самоопыляемых культур?
39. Как обнаруживают и используют в селекции индуцированные мутации у перекрестноопыляемых культур?
40. Как обнаруживают и используют в селекции индуцированные мутации у вегетативно размножаемых культур?
41. Каковы главные направления и основные достижения селекции на основе мутагенеза?
42. Что такое гетерозис и в чем он проявляется?
43. Как создают самоопыленные линии и для чего?
44. Что означает общая комбинационная способность, в каких скрещиваниях она определяется?
45. Что означает специфическая комбинационная способность, в каких скрещиваниях она определяется?
46. Какие типы гибридов используются в производственных посевах?
47. Какие типы мужской стерильности существуют?
48. Из каких этапов складывается селекция гетерозисных гибридов?
49. Что означает стерильная цитоплазма и как это явление используется в гетерозисной селекции?
50. Какие методы используются для улучшения самоопыленных линий?
51. Каким путем можно ускорить селекционный процесс при создании гетерозисных гибридов?
52. Как действует отбор?
53. В чем различия массового и индивидуального отбора?
54. Какое влияние оказывает отбор на структуры самоопыляемых и перекрестноопыляемых популяций?
55. От каких факторов зависит эффективность отбора?
56. Каким способом можно повысить эффективность отбора?
57. Чем отличается отбор на рецессивный признак от отбора на доминантный признак?

58. Какое значение имеет коэффициент наследуемости при отборе?
59. От каких факторов зависит выбор метода отбора?
60. Негативный отбор и его использование?
61. Клоновый отбор и его использование?
62. На какие группы делят методы оценок селекционного материала?
63. Как осуществляют оценку селекционного материала на разных этапах селекционного процесса?
64. Что означает провокационный фон и для чего он используется в селекционном процессе?
65. Как оценивают селекционный материал на скороспелость и биологическую устойчивость?
66. Как определяют продуктивность и урожайность в селекционных посевах?
67. Какие виды оценок относятся к абиотическим и биотическим стрессам?
68. В связи с огромным разнообразием фитопатогенов, каковы основные способы учета устойчивости растений:
69. Что представляет единая шкала оценки, разработанная в ВИРе?
70. Какими методам оценивается пригодность сортов для механизированного возделывания?
71. Как оценивают селекционный материал разных культур на качество продукции?

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### ОСНОВНАЯ:

1. Пыльнев В.В., Коновалов Ю.Б., Хупацария Т.И., Буко О.А., Березкин А.Н. и др. Практикум по селекции и семеноводству полевых культур СПб.: Издательство «Лань», 2014.-448с.
2. Коновалов Ю. Б., Пыльнев В. В., Хупацария Т. И., Рубец В. С. Общая селекция растений СПб.: Издательство «Лань», 2013.-480с.
3. Ториков В.Е., Мельникова О.В., Бельченко С.А., Шпилев Н.С Производство семян и посадочного материала сельскохозяйственных культур, Брянск,2015.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Березкин А.Н., Малько А.М., Минина Е.Л., Лапочкин В.М. Нормативно-правовые основы селекции и семеноводства Издательство «Лань», 2016.-252с.
2. Васько В.Т. Основы семеноведения полевых культур Издательство «Лань», 2017.-304с.
3. Пыльнев В.В., Коновалов Ю.Б., Хупацария Т.И., Буко О.А Частная селекция полевых культур Издательство «Лань», 2016.-544 с.
4. Шпилев Н.С., Белоус Н.М., Ториков В.Е., Лебедько Л.В. Патент Способ воспроизводства сортов зерновых культур №25558255. 2015.
5. Шпилев Н.С. Характеристика сортов полевых культур рекомендованных для использования в Центральном регионе. Брянск.-2015.-143с.

Учебное издание

Николай Серафимович Шпилев

# **Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений**

**Учебно-методическое пособие  
Курс лекций по направлению подготовки  
35.06.01 Сельское хозяйство  
Профиль подготовки  
Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений**

Редактор Лебедева Е.М.

---

Подписано к печати 27.02.2018 г. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 5,88. Тираж 25 экз. Изд. № 3982.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ