

Тема вебинара:

**«Организация и техника селекционного процесса  
для самоопыляющихся и  
перекрестноопыляющихся культур»**

Лектор:

Шалқаров Айқын Шалқарұлы

Эксперт:

Гаврилова Ольга Александровна

План вебинара:

1. Основные цели и задачи селекции масличных культур.
2. Организация селекционного процесса и документация
3. Основные этапы селекционного процесса (общие для всех культур).
4. Самоопыление: Что это, примеры культур. Кратко о генетической гомозиготности .
5. Перекрестное опыление: Что это, примеры культур. Кратко о генетической гетерозиготности и гетерозисе.
6. Селекция самоопыляющихся культур.
7. Селекция перекрестноопыляющихся культур.
8. Ключевые отличия селекции самоопыляющихся и перекрестноопыляющихся культур.
9. Заключение.

Добро пожаловать на вебинар, посвященной теме: **«Организация и техника селекционного процесса для самоопыляющихся и перекрестноопыляющихся культур»**

Селекционная деятельность является фундаментальной составляющей аграрной науки, направленной на создание новых и улучшенных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур. В условиях изменения климата, ограниченности ресурсов и роста мирового спроса на продовольствие эффективная селекция приобретает особое значение. В Казахстане, особенно в Восточном регионе, где природные условия (перепады температур, засушливость) оказывают сильное влияние на урожайность, необходимость развития адаптивных сортов масличных и других культур чрезвычайно актуальна. Одним из центров селекционной работы в регионе является ТОО ВКСХОС, который занимается сохранением, изучением и пополнением генетического фонда масличных культур, а также внедрением селекционных образцов в производство.

Селекция растений — одна из старейших и в то же время самых динамично развивающихся областей биологических наук. Её истоки уходят в глубь веков, когда люди впервые стали сознательно отбирать и возделывать лучшие растения; формирование научной селекции связано с работами Грегора Менделя, чьи классические эксперименты с горохом заложили основы генетики и дали инструменты для систематического улучшения сельскохозяйственных культур. С конца XIX — начала XX века идеи Менделя получили дальнейшее развитие в трудах многих исследователей; в частности, отечественная школа селекции внесла значимый вклад в накопление и систематизацию генетических ресурсов культур.

Вторая важная составляющая современного селекционного контекста — международные правовые и программные документы, которые формируют рамки сохранения, исследования и использования генетических ресурсов. Конвенция о биологическом разнообразии провозгласила сохранение биоразнообразия как

общую глобальную задачу и поставила вопросы охраны, устойчивого использования и справедливого распределения выгод. Международный договор по генетическим ресурсам растений для продовольствия и сельского хозяйства (IT-PGRFA) и связанные с ним документы FAO подчёркивают необходимость системной консервации, характеристика, оценки и документирования растительных генетических ресурсов, а также координации усилий государств по сохранению и устойчивому использованию ПГР. Эти международные рамки напрямую обоснованы научной необходимостью и служат основой для национальных программ и обмена материалом между генбанками и селекционными центрами.

Современная роль масличных культур (подсолнечник, соя, рапс, лен и др.) в мировой и национальной экономике трудно переоценить. По оценкам FAO и профильных обзоров, несколько культур — прежде всего соя, подсолнечник, рапс и масличные пальмы — формируют основную часть мирового производства и торговли растительными маслами; эти культуры являются важнейшим источником продовольственного и промышленного сырья, кормовой белковой базы и сырья для биотоплива. Рост спроса на растительные масла, изменение пищевых привычек и развитие технического использования масел (биодизель и др.) делают селекцию масличных культур стратегическим приоритетом как на глобальном, так и на национальном уровнях.

На национальном уровне Казахстан в последние годы демонстрирует активную динамику в развитии масличной отрасли. Производство растительных масел показывало устойчивый рост: официальные и отраслевые отчёты фиксируют заметное увеличение выпуска масла и расширение посевных площадей под масличные культуры в 2023–2025 гг. — эти сдвиги обусловлены не только конъюнктурой мирового рынка, но и государственной политикой по диверсификации посевных структур и развитию переработки. Расширение площадей и рост производства усиливают потребность в адаптированных, высококачественных сортах и гибридах, а значит — в целенаправленных селекционных программах и укреплённой семеноводческой инфраструктуре.

Научно-практическое обоснование инвестиций в селекцию масличных культур вытекает из нескольких взаимосвязанных причин. Во-первых, улучшение генетических свойств растений (урожайность, масличность, профиль жирных кислот, устойчивость к болезням и стрессам) напрямую повышает экономическую отдачу от агропроизводства и качество конечного продукта. Во-вторых, селекция — ключ к адаптации сельского хозяйства к изменяющимся климатическим условиям: скороспелые, засухоустойчивые, холодостойкие генотипы позволяют минимизировать потери при экстремальных погодных ситуациях. В-третьих, сохранение и расширение генофонда — фундамент дальнейшей селекционной работы: узкая генетическая база повышает риски стагнации селекционного прогресса и уязвимости к новым угрозам. Международные и национальные политики, направленные на обеспечение продовольственной и экономической безопасности, делают селекцию частицей национальной стратегии развития аграрного сектора.

Таким образом, введение в тему организации и техники селекционного процесса приобретает практическую значимость: от корректного планирования

исходного материала и методов отбора до внедрения современных молекулярных подходов зависит эффективность создания сортов и гибридов, соответствующих требованиям рынка и экологии региона. Цель этой лекции — дать системное представление о целях и задачах селекции масличных культур, этапах селекционного процесса, биологических основах само- и перекрёстного опыления, а также о практических методах, которые позволяют реализовать селекционные программы в современных условиях.

В следующих разделах лекции мы подробно разберём: какие именно цели и задачи ставят перед собой селекционные программы по масличным культурам; какие общие этапы проходят все селекционные циклы; чем биологически отличаются самоопыление и перекрёстное опыление; какие практические технологии применяются при селекции самоопыляющихся и перекрёстноопыляющихся культур; и в чём заключаются ключевые организационные и технические различия между этими подходами. Это даст вам целостную картину как теоретических основ, так и практических действий, необходимых для успешной селекционной работы в условиях современной аграрной науки и экономики.

### **Основные цели и задачи селекции масличных культур**

Селекция растений — это фундаментальное направление аграрной науки, направленное на создание новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, способных удовлетворять потребности современного сельского хозяйства. В основе этой деятельности лежит сознательное использование закономерностей наследственности и изменчивости организмов для получения желаемых комбинаций признаков — таких, которые обеспечивают высокую урожайность, качество продукции, устойчивость к неблагоприятным условиям среды и болезням. Главная задача современной селекции заключается не только в повышении урожайности, но и в раскрытии и реализации адаптивного потенциала генотипов в конкретных агроэкосистемах [1].

Селекция масличных культур играет исключительную роль в современном сельском хозяйстве, так как именно эти культуры обеспечивают продовольственную, энергетическую и промышленную безопасность страны. Масличные растения служат основным источником растительных масел для пищевой, кормовой, косметической, фармацевтической и биотопливной отраслей. Повышение их продуктивности и качества напрямую влияет на экономическую устойчивость аграрного сектора и экспортный потенциал государства.

Главная цель селекции масличных культур заключается в создании новых сортов и гибридов, обладающих высокой урожайностью, повышенным содержанием и улучшенным качеством масла, а также устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды. Современные климатические изменения, рост мирового спроса на растительные масла и стремление к энергоэффективности требуют не просто увеличения объёмов производства, но и обеспечения стабильности этого производства в различных природно-климатических зонах. Поэтому селекционная работа с масличными культурами направлена не только на повышение их потенциала, но и на укрепление адаптивности — способности сохранять продуктивность при засухе, жаре, низких температурах, засолении почв и поражении вредителями.

Одной из важнейших задач является улучшение качественного состава масла. Содержание и соотношение жирных кислот — таких как олеиновая, линолевая и линоленовая — определяют пищевую ценность, технологическую пригодность и устойчивость масла к окислению. Создание самоопыляемых линий подсолнечника с повышенным содержанием олеиновой кислоты является одним из приоритетных направлений современной масличной селекции [2]. Современная селекция ориентируется на создание сортов с повышенным содержанием олеиновой кислоты, которая обеспечивает лучшее качество и долговечность продукта, снижает потребность в гидрогенизации и делает масло более полезным для здоровья человека. Ведутся активные работы по селекции сортов с низким содержанием насыщенных кислот и отсутствием нежелательных компонентов, таких как эруковая кислота и глюкозинолаты.

Не менее значимой задачей является повышение урожайности и стабильности продуктивности. Масличные культуры традиционно чувствительны к условиям внешней среды, особенно к температурным и влаговым колебаниям. Поэтому селекционеры стремятся сочетать высокий потенциал урожайности с устойчивостью к стрессовым факторам. Большое внимание уделяется развитию засухоустойчивых и жаростойких сортов, что особенно важно для регионов с резко континентальным климатом и дефицитом влаги, как, например, восточные и южные области Казахстана.

Современные селекционные программы ориентируются и на повышение устойчивости к болезням и вредителям, что позволяет снизить химическую нагрузку на агроценозы и повысить экологичность производства. В селекции подсолнечника и рапса особое внимание уделяется устойчивости к ложной мучнистой росе, заразихе, фомозу и белой гнили. Для этого активно применяются методы классической и молекулярной селекции, в том числе маркерно-ориентированный отбор, позволяющий на ранних стадиях выявлять растения, несущие гены устойчивости.

Наряду с этим важным направлением остаётся создание сортов с оптимальными агрономическими характеристиками — скороспелостью, равномерным созреванием, устойчивостью к осыпанию и полеганию, а также технологичностью при уборке. В современных условиях высокая механизация сельского хозяйства требует от новых сортов не только высокой биологической продуктивности, но и пригодности к машинной обработке.

Важной задачей селекции является также улучшение семенной продуктивности и повышение коэффициента размножения, особенно у гибридных форм. Для этого разрабатываются новые методы гибридизации, системы стерильности и способы ускоренного размножения исходного материала.

Неотъемлемой частью селекционного процесса является расширение генетического разнообразия масличных культур. В условиях интенсификации сельского хозяйства и глобальных климатических изменений возрастает риск сужения генофонда. Поэтому сохранение, пополнение и использование коллекций генетических ресурсов становятся стратегическим направлением. В эту работу включаются программы по интродукции новых форм, обмену генофондом с международными центрами, а также исследованию диких родственных видов как источников устойчивости и адаптивных признаков.

Современная селекция опирается на интеграцию классических и молекулярных методов. Использование биотехнологических подходов, геномной селекции, анализа ассоциаций (GWAS), молекулярных маркеров и генотипирования позволяет значительно ускорить процесс отбора и повысить его точность. Эти технологии дают возможность прогнозировать проявление признаков ещё до полевых испытаний и эффективно управлять генетическим потенциалом исходных популяций.

Селекция масличных культур также решает задачу адаптации новых сортов к конкретным агроэкологическим условиям региона. Для Казахстана, обладающего разнообразными климатическими зонами, это особенно важно: сорта, пригодные для северных степей, могут существенно отличаться по требованиям и реакции на стресс от сортов, предназначенных для восточных и южных областей. Поэтому в структуру селекционных программ входят многорайонные испытания, направленные на оценку адаптивности, стабильности и экологической пластичности сортов.

Таким образом, селекция масличных культур представляет собой сложную, многоуровневую систему, объединяющую задачи повышения урожайности, качества, устойчивости и адаптивности растений. Её конечная цель — создание сортов и гибридов, способных сочетать высокий потенциал продуктивности с надёжностью и экологичностью производства, отвечать требованиям пищевой промышленности и международным стандартам качества. Развитие этого направления — стратегическая основа продовольственной и экономической независимости страны, а также важнейший фактор устойчивого сельского хозяйства в условиях глобальных климатических и социально-экономических вызовов.

### **Организация селекционного процесса и документация**

Организация селекционной работы представляет собой систему научных, производственных и организационных мероприятий, направленных на создание новых сортов сельскохозяйственных культур и улучшение существующих. Эффективность селекции определяется не только методами отбора или гибридизации, но и качеством организации самого процесса — планированием, структурой работ, точным учётом и документированием всех этапов.

Селекционный процесс является циклическим и включает несколько взаимосвязанных стадий: создание исходного материала, отбор и оценку гибридов, выделение перспективных линий, испытание и районирование новых сортов, а также передачу их в производство. Каждый этап имеет свою научную и практическую специфику, требует строгого соблюдения методических рекомендаций и ведения документации в соответствии с установленными стандартами. Любой селекционный процесс представляет собой управляемую эволюцию, где человек целенаправленно усиливает действие естественного отбора в заданном направлении [4].

Первым и наиболее важным звеном является формирование исходного материала. Это стратегическая база любой селекционной программы, от качества которой зависит конечный результат. Исходный материал включает местные

адаптированные сорта, дикорастущие формы, интродуцированные образцы и экспериментальные линии. Их сбор и систематизация проводятся на основе полевых обследований, международных обменов и направленного интродукционного подбора. В Казахстане этим направлением активно занимаются опытные станции и институты, включая Восточно-Казахстанскую сельскохозяйственную опытную станцию (ТОО ВКСХОС), где формируются обширные коллекции по подсолнечнику, сое и льну. Эти коллекции пополняются как за счёт отечественного материала, так и за счёт образцов из международных генофондов.

После сбора коллекции проводится комплексное изучение исходного материала. Каждый образец проходит морфологическую, физиологическую, биохимическую и молекулярно-генетическую оценку. Основное внимание уделяется таким признакам, как урожайность, содержание масла и белка, устойчивость к болезням и неблагоприятным факторам среды. На этом этапе проводится фенотипическая оценка и выделение источников хозяйственно ценных признаков, которые в дальнейшем используются в гибридизации и отборе.

Следующим этапом является создание новых комбинаций признаков. В зависимости от типа опыления культуры применяются различные методы: для перекрёстноопыляющихся культур (подсолнечник, кукуруза, рапс) — контролируемая гибридизация, использование мужской стерильности, восстановителей фертильности и методов гетерозиса; для самоопыляющихся (соя, пшеница, ячмень) — искусственное самоопыление, инбридинг, индивидуальный и массовый отбор. На этом этапе формируются новые линии, гибриды и популяции, которые проходят дальнейшую проверку.

Важнейшее значение имеет система оценки и отбора. Она включает несколько последовательных стадий: первичное изучение гибридных популяций, отбор перспективных линий, оценку их стабильности и воспроизводимости признаков. Для самоопыляющихся культур этот процесс может занимать 5–7 поколений, пока линия не станет генетически устойчивой. Для перекрёстноопыляющихся культур период короче, однако требует тщательного контроля гетерозисных эффектов.

Хранение и документирование генетических ресурсов — неотъемлемая часть селекционного процесса, обеспечивающая долговременную устойчивость национальных программ [3]. Каждый образец или линия должны иметь уникальный идентификационный номер и паспорт, где фиксируются происхождение, схема скрещивания, родительские формы, методы отбора, результаты полевых испытаний, морфологические и физиологические показатели. Паспорт ведётся в письменном и электронном виде, в соответствии с требованиями национальных и международных стандартов. На базе ВКСХОС используется система учёта, включающая электронные базы данных, позволяющие хранить информацию о более чем 40 признаках для каждой линии или гибрида. Такая практика обеспечивает преемственность исследований, точность анализа и возможность обмена информацией между научными учреждениями.

Особое внимание уделяется поддержанию коллекций и генофондов. В Казахстане, как и во многих странах, применяется сочетание подходов *ex situ* —

хранение семян в специализированных хранилищах и полевых коллекциях, и *in situ* — сохранение растений в естественных условиях и на фермерских хозяйствах (*on-farm management*). Этот подход соответствует положениям Международного договора по генетическим ресурсам растений для продовольствия и сельского хозяйства (IT-PGRFA) и Конвенции о биологическом разнообразии, которые предусматривают устойчивое использование и сохранение генетического разнообразия культур.

На завершающих стадиях организация селекционного процесса предусматривает проведение сортоиспытаний и районирования. Перспективные линии проходят комплексную оценку в различных климатических зонах, чтобы подтвердить их стабильность и адаптивность. Только после положительных результатов такие сорта могут быть внесены в Государственный реестр и рекомендованы для широкого производства. ВКСХОС активно участвует в этих испытаниях, представляя новые образцы масличных культур, созданные на основе локального генофонда.

Эффективная организация селекционной работы невозможна без взаимодействия науки, образования и производства. Современные селекционные центры Казахстана сотрудничают с аграрными университетами, лабораториями биотехнологии, генетическими банками и частными семеноводческими хозяйствами. В рамках таких связей происходит не только обмен генетическим материалом, но и передача методик, обучение молодых специалистов, совместное проведение полевых и лабораторных испытаний.

Таким образом, организация селекционного процесса — это комплексная система, включающая научное планирование, создание и поддержание исходного материала, многоступенчатую оценку и документирование, сохранение генофонда и внедрение полученных сортов в производство. Чёткая структура, точная документация и взаимодействие между исследовательскими учреждениями обеспечивают эффективность и прозрачность селекционной деятельности, а также способствуют интеграции Казахстана в международное научное сообщество по сохранению и рациональному использованию генетических ресурсов растений.

### **Основные этапы селекционного процесса (общие для всех культур)**

Селекция сельскохозяйственных культур представляет собой сложный, поэтапный процесс, объединяющий фундаментальные знания генетики, физиологии, биохимии и агрономии. Каждый этап имеет свои задачи, методы и организационные особенности, но в совокупности они образуют единую систему, направленную на создание новых сортов, обладающих совокупностью хозяйственно-ценных признаков. Независимо от вида культуры — самоопыляющейся или перекрёстноопыляющейся — структура селекционного процесса сохраняет общую логическую последовательность, начиная от постановки целей и заканчивая внедрением нового сорта в сельскохозяйственное производство.

Первым и наиболее важным этапом селекции является постановка цели. Любая селекционная программа начинается с чёткого определения направления работы, исходя из потребностей сельского хозяйства, пищевой промышленности

и рынка. Цель формируется на основе анализа современного состояния культуры, уровня её продуктивности, устойчивости к болезням, адаптивности и качества продукции. На этом этапе селекционер должен определить, какие именно признаки подлежат улучшению — это может быть повышение урожайности, улучшение состава масла, устойчивость к засухе, морозам, патогенам, вредителям или оптимизация технологических свойств. Формулирование цели тесно связано с оценкой имеющегося генофонда и научных ресурсов, а также с прогнозом экологических и экономических условий региона.

Следующим этапом является создание исходного материала. Именно этот этап закладывает основу всего последующего селекционного процесса. Исходный материал может быть получен различными способами: сбором и изучением природных и культурных форм, гибридизацией, мутагенезом, интродукцией зарубежных сортов или использованием методов биотехнологии. Основная задача этого этапа — объединить в одном генотипе как можно больше ценных признаков и создать широкий спектр генетической изменчивости. Для этого применяются как внутривидовые, так и межвидовые скрещивания, а в последние годы всё чаще — молекулярные и клеточные технологии, позволяющие получать соматические гибриды и проводить трансгенные модификации. Важно, чтобы исходный материал был не только разнообразен, но и хорошо документирован: каждая линия, гибрид или образец должны иметь паспорт с указанием происхождения, характеристик и условий выращивания.

После получения исходного материала начинается один из ключевых и наиболее трудоёмких этапов — отбор желательных форм. На этом этапе селекционер оценивает популяции, семьи и отдельные растения по совокупности признаков и выделяет лучшие из них. Отбор может быть индивидуальным, массовым, семейным, а также маркерно-ориентированным. В традиционных схемах отбор проводится на основе фенотипических характеристик: внешний вид растения, продуктивность, устойчивость к болезням, качество семян или плодов. В современных программах всё шире применяются молекулярные маркеры, позволяющие проводить селекцию уже на уровне ДНК и определять наличие нужных генов без ожидания проявления признака в поле. Отбор — это центральный элемент селекционной работы, именно он обеспечивает направленное изменение популяции и постепенное накопление благоприятных аллелей.

Далее следует этап оценки и испытаний, на котором отобранные формы проходят многолетнюю и многофакторную проверку. Этот этап необходим для того, чтобы убедиться, что новые линии или гибриды действительно обладают заявленными признаками и сохраняют их при разных условиях выращивания. Испытания включают оценку урожайности, качества продукции, устойчивости к болезням и вредителям, реакции на климатические и почвенные условия, а также технологичности — пригодности к механизированной уборке и переработке. Для получения достоверных данных испытания проводят в нескольких повторениях и на разных площадках. На основании статистического анализа определяется стабильность проявления признаков, коэффициент адаптивности и взаимодействие генотипа со средой.

После успешного прохождения предварительных испытаний перспективные формы передаются на государственное сортоиспытание. Этот этап является официальной процедурой, регулируемой соответствующими нормативными актами. Государственное сортоиспытание направлено на проверку трёх ключевых характеристик: отличимости, однородности и стабильности (DUS), а также на оценку хозяйственной ценности сорта (VCU). В ходе испытаний новый сорт сравнивают с лучшими существующими стандартами, определяя его преимущества и экономическую эффективность. Результаты сортоиспытания служат основанием для внесения сорта в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию.

Заключительным этапом является размножение и внедрение нового сорта в производство. После регистрации начинается организация семеноводства — процесс размножения исходного семенного материала до объёмов, достаточных для коммерческого использования. Для этого создаются специализированные участки оригинального и элитного семеноводства, где строго контролируется сортовая чистота, качество семян и фитосанитарное состояние посевов. Только после проверки всех показателей семена поступают в хозяйства для массового выращивания. Параллельно ведётся работа по агротехнической адаптации сорта, разработке рекомендаций по его возделыванию, а также мониторинг его поведения в разных регионах.

Таким образом, селекционный процесс представляет собой замкнутый цикл, включающий научно-исследовательскую, экспериментальную и производственную деятельность. Каждый его этап — от постановки цели до внедрения — требует высокой квалификации специалистов, материально-технического обеспечения и длительного времени. В современных условиях, когда темпы климатических изменений ускоряются, а требования к качеству и экологичности продукции возрастают, селекция становится не только инструментом повышения урожайности, но и стратегическим направлением обеспечения продовольственной безопасности. Совершенствование методов отбора, внедрение геномных технологий и рациональное использование генетических ресурсов позволяют существенно ускорить селекционный процесс и повысить его эффективность, сохраняя при этом научную строгость и экологическую устойчивость[5].

### **Самоопыление: что это, примеры культур. Кратко о генетической гомозиготности**

Самоопыление — это процесс переноса пыльцы с тычинок на рыльце того же цветка или другого цветка того же растения. В биологическом смысле самоопыление может быть прямым (аутогамия), когда опыление происходит внутри раскрытого или даже закрытого цветка, и косвенным — геитоногамия (перенос пыльцы между цветками одного растения). Существуют также особые формы, например, клистогамия (оплодотворение в закрытом цветке без раскрытия) — она встречается у ряда видов и обеспечивает практически полную самозаплодность. Биологические механизмы самоопыления часто сопровождаются морфологической и фенологической специализацией цветка

(короткие тычинки, сходство фенологий тычинок и пестиков и т.д.), что снижает вероятность перекрёстного опыления.

К числу самоопыляющихся культур относятся: пшеница, ячмень, рис, соя, фасоль, горох, чечевица, лен и ряд бобовых. Эти культуры исторически и эволюционно приспособились к самофертильности — это даёт им преимущество в стабильности воспроизводства в условиях, где опылители или ветровая передача пыльцы ненадёжны.

Селекционно-генетические последствия самоопыления существенны и определяют методологию работы селекционера. Главная генетическая черта — тенденция к быстрой фиксации аллелей и формированию гомозиготных генотипов. При последовательных поколениях самоопыления доля гетерозиготных генотипов в популяции экспоненциально снижается: при полном самоопылении часть гетерозиготности примерно уменьшается вдвое с каждым поколением, поэтому через 5–7 поколений большинство локусов становятся гомозиготными. Это делает возможным относительно быстрое получение стабильных, однородных линий, что крайне важно для регистрации сортов и массового размножения.

Однако процесс самоопыления имеет и свои «подводные камни». Одним из них является инбридинг — увеличение доли гомозиготных индивидов в популяции, в результате чего рецессивные вредные аллели, ранее «скрытые» в гетерозиготном состоянии, могут проявиться в фенотипе (инбридинг-депрессия). В начальных поколениях это проявляется снижением жизнеспособности, урожайности, плодовитости или устойчивости к стрессам. Одновременно с этим происходит очищение генофонда: выраженные вредные рецессивы под влиянием отбора выпадают из популяции, и в долгосрочной перспективе это может привести к «пургации» генетического груза и формированию адаптированных, стабильных линий. Поэтому селекционная стратегия для самоопыляющихся культур часто сочетает быстрый само-инбридинг с усиленным отбором на жизнеспособность и хозяйственные признаки.

Для контролируемого получения гибридов и интродукции специфических аллелей в самоопыляющихся видах часто необходима ручная эмаскуляция (удаление тычинок) и искусственное опыление, поскольку естественная тенденция к самоопылению мешает получению желаемых кроссов. В то же время в ряде культур (например, у сои) частота естественного переопыления очень низка, поэтому семеноводство зарегистрированных сортов и поддержание чистоты сорта в производственных масштабах обычно проще, чем у перекрёстноопыляющихся культур.

Молекулярно-генетические технологии являются мощным подспорьем при работе с самоопыляющимися видами. Маркерно-ориентированная селекция (MAS) позволяет отбирать носителей нужных аллелей ещё на ранних стадиях, что особенно выгодно при селекции сложных качественных признаков (содержание масла, профиль жирных кислот, специфическая устойчивость). Геномная селекция (GS) даёт возможность прогнозировать экономические и продуктивные показатели линий на основе массового генотипирования, что сокращает число полевых поколений для тестирования.

Наконец, с практической точки зрения, самопыляющиеся сорта ценятся за их генетическую однородность и стабильность: это упрощает производство семян, предсказуемость агрономических свойств и соответствие государственным требованиям по однородности и стабильности. Однако селекционерам важно постоянно следить за поддержанием достаточного генетического разнообразия в программных популяциях (например, используя периодические интродукции, создание множества параллельных линий и ведение больших репродукционных популяций), чтобы избежать долгосрочной уязвимости к новым заболеваниям и изменяющимся условиям среды.

### **Перекры́стное опыление: что это, примеры культур. Кратко о генетической гетерозиготности и гетерозисе**

Перекры́стное опыление — это перенос пыльцы от цветка одного растения на рыльце цветка другого растения того же вида. Транспорт пыльцы обеспечивается биотическими агентами (насекомые, птицы) или абиотическими факторами (ветер). Биологические механизмы, препятствующие самоопылению (морфологические барьеры, диогогамия — разный период готовности тычинок и пестиков, генетические системы самосовместимости), у многих видов эволюционно способствуют перекры́стному опылению.

К классическим культурам с выраженным перекры́стным типом опыления относятся кукуруза (*maize*), подсолнечник, сахарная свёкла, ряд крестоцветных (рапс — частично перекры́стный), сорго, множество бобовых трав (люцерна), различные овощные и бахчевые культуры. У таких видов естественные популяции сохраняют высокий уровень внутривидовой изменчивости и способность быстро адаптироваться к новым условиям за счёт рекомбинации генетического материала.

Гетерозиготность — доля локусов в популяции, где у отдельного организма присутствуют разные аллели (*Aa*). У перекры́стнопыляющихся видов в популяциях обычно наблюдается высокий уровень гетерозиготности (и, соответственно, генетического разнообразия), что даёт несколько важных следствий:

- Высокий адаптивный потенциал. Разнообразие аллелей повышает шансы наличия вариаций, адекватных к новым стрессам (болезни, засуха, соли).
- Фенотипическая изменчивость. Популяции показывают широкий диапазон фенотипов, что облегчает отбор доноров и формирование адаптивных популяций.
- Риск инбридинга при ограничении генетической базы. Если в популяции резко сокращается число генотипов (узкие репродукции, изоляция), возможна потеря гетерозиготности и снижение жизнеспособности.

Селекционно это означает, что управление генетическим разнообразием — ключевой элемент программ по перекры́стным культурам: необходимо поддерживать достаточный «эффективный размер популяции», планировать обмен генетическим материалом и предотвращать генетическую эрозию.

Гетерозис — феномен, при котором гибриды первого поколения (F1) превосходят среднее родительских форм (mid-parent) или даже лучшего родителя (better-parent) по ряду хозяйственно важных показателей: урожайность, биомасса, устойчивость, жизнеспособность. Наиболее ярко гетерозис проявился в селекции кукурузы, где гибриды дали резкий скачок продуктивности по сравнению с линиями-предками.

Существуют несколько генетических гипотез, объясняющих гетерозис (они не взаимоисключающие):

- Гипотеза доминирования. В гетерозиготном состоянии рецессивные вредные аллели маскируются доминантными «здоровыми» аллелями, что повышает фитнес гибрида.
- Гипотеза сверхдоминирования (overdominance). Сочетание двух разных аллелей в гетерозиготе даёт преимущество, превосходящее любую гомозиготу.
- Эпистаз и взаимодействия генов. Положительные взаимодействия между аллелями в разных локусах (эпистаз) могут создавать новые оптимальные сочетания у гибрида.

Практически селекционеры оценивают гетерозис через показатели: средний гетерозис (сравнение с средним родительским значением) и явный гетерозис (сравнение с лучшим из родителей). Для планирования гибридных программ важно не столько наличие гетерозиса само по себе, сколько возможность его прогнозирования и стабильно-воспроизводимого получения.

Чтобы эксплуатировать гетерозис, в селекции формируют структуры, позволяющие получать высокоэффективные F1-гибриды:

- Выведение инбредных линий. Для получения предсказуемого эффекта F1 родительские линии должны быть генетически однородны (инбреды), что достигается многократным самоопылением и тщательным отбором.
- Подбор гетеротических групп. Линии группируют по гетеротическому потенциалу; при скрещивании представителей разных гетеротических групп часто получают сильные F1.
- Цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС). Использование цитоплазматической или генетической мужской стерильности упрощает производство гибридного семени, исключая ручную эмаскуляцию. В сочетании с восстановителями фертильности эти системы дают надёжный и экономичный механизм массового производства.

• **Пробные скрещивания и тесты комбинационной способности.** Проводят специальные схемы (полные или частичные диалели, тестерные скрещивания, North Carolina designs), чтобы оценить общую (GCA) и специфическую (SCA) комбинационную способность линий и спрогнозировать потенциал гибридов.

### **Оценка и прогнозирование гибридного потенциала**

Практической задачей селекционера является прогнозирование сочетаний родителей, которые дадут высокий SCA и экономически выгодные гибриды. Для этого применяют статистические и молекулярные подходы:

- **Комбинационная способность.** Оценки GCA и SCA дают представление, какие линии хороши как «универсальные» родители, а какие проявляют эффект лишь в конкретной паре.
- **Диалельный анализ и NS-дизайны.** Эксперименты, позволяющие разделить долю наследования, объясняемую аддитивным и неаддитивным эффектом.
- **Молекулярные маркеры и геномная селекция.** Современные подходы используют SNP-панели и модели геномной селекции для предсказания гибридной производительности, что особенно полезно при большом числе потенциальных комбинаций и высокой стоимости полевых тестов.

При работе с перекрёстноопыляющимися культурами применяется широкий набор методов: разработка гибридов F1; популяционная селекция (recurrent selection) для увеличения частоты полезных аллелей в популяции; создание синтетических сортов и полипопуляций для задач, где гибридное семя экономически сложно производить. Recurrent selection (циклический отбор и межпопуляционные скрещивания) позволяет постепенно накапливать благоприятные аллели и одновременно поддерживать генетическую изменчивость.

Производство гибридного семени требует строгого технологического контроля: пространственная и временная изоляция материнских и отцовских полей, синхронизация сроков цветения, контроль «протечки» пыльцы, roguing (удаление нежелательных растений), карантинная и фитосанитарная проверка. Важна также методика контроля чистоты генетического материала — как классические фенотипические проверки, так и молекулярная паспортизация (SNP/SSR) для подтверждения родства и чистоты гибрида.

Гетерозис даёт возможность быстрого коммерческого эффекта — значительное повышение урожайности и стабильности при использовании гибридного семени. Однако производство гибридного семени стоит дороже и требует развитой семеноводческой индустрии; поэтому экономическая выгода должна быть сопоставлена с затратами на производство и распространение семян. Долгосрочная устойчивость селекционной программы также зависит от поддержания генетического разнообразия и регулярного обновления родительских линий.

### **Селекция самоопыляющихся культур**

Самоопыляющиеся культуры — это растения, у которых опыление и оплодотворение происходят в пределах одного цветка, часто до его раскрытия. Благодаря этому механизму самоопыление обеспечивает высокий уровень гомозиготности, то есть наследственной однородности потомства. К самоопыляющимся культурам относятся пшеница, ячмень, овёс, соя, рис, горох, чечевица, фасоль и лен — культуры, составляющие основу продовольственного и кормового производства во многих странах мира, включая Казахстан.

Главная особенность селекции самоопыляющихся культур заключается в том, что процесс отбора может быть направлен на быстрое выделение и закрепление стабильных линий с желательными признаками. Благодаря высокой степени гомозиготности уже во втором–третьем поколениях потомство становится относительно однородным, что даёт возможность эффективно

использовать индивидуальный отбор. В отличие от перекрёстноопыляющихся культур, где важен контроль за поддержанием гетерозиготности, при работе с самоопыляющимися растениями акцент делается на стабилизацию и селекционное «очищение» материала.

Селекционная работа с самоопыляющимися культурами начинается с подбора исходного материала. В его состав входят районированные сорта, местные адаптированные формы, дикие родичи культурных растений, мутантные линии, а также интродуцированные образцы из международных коллекций. Особое значение имеет генетическое разнообразие — источник ценных признаков, таких как устойчивость к болезням, засухе, пониженным температурам или повышенное содержание белка и масла.

После формирования исходного фонда проводится гибридизация — целенаправленное скрещивание растений, направленное на объединение в одном генотипе полезных свойств. У самоопыляющихся культур гибридизация требует ручного труда: проводится кастрация цветков и искусственное опыление пыльцой выбранного отцовского растения. На этом этапе важно правильно подобрать родительские формы, чтобы сочетание признаков было генетически совместимым и наследуемым в последующих поколениях.

После получения гибридного потомства селекционер приступает к многоэтапному отбору. В ранних поколениях ( $F_2$ – $F_4$ ) наблюдается сильное расщепление признаков — различия в форме растения, размере семян, сроках созревания, содержании масла и других характеристиках. На этих этапах выделяют растения, обладающие совокупностью ценных свойств. В более поздних поколениях ( $F_5$ – $F_6$ ) проводится проверка стабильности наследования признаков и выделение однородных линий. Каждая линия оценивается по комплексу показателей — урожайности, качеству продукции, устойчивости к заболеваниям и адаптации к условиям среды.

В селекции самоопыляющихся культур применяются три основных метода отбора: массовый, индивидуальный и семейный.

Массовый отбор заключается в выделении группы лучших растений с последующим смешанным посевом их семян. Метод прост в исполнении, но не всегда обеспечивает генетическую чистоту линии.

Индивидуальный отбор, напротив, основан на выделении и испытании потомства каждого отдельного растения, что позволяет получать устойчивые и однородные линии, хотя требует больше времени и усилий.

Семейный метод сочетает преимущества обоих подходов и особенно эффективен при оценке наследуемости признаков, связанных с продуктивностью и качеством семян.

Современная селекция самоопыляющихся культур активно использует методы молекулярной генетики. Применение маркерно-ориентированной селекции (Marker-Assisted Selection, MAS) позволяет отбирать растения не только по фенотипическим проявлениям, но и по наличию определённых ДНК-маркеров, связанных с нужными генами. Такой подход ускоряет процесс отбора, делает его более точным и экономически эффективным. Например, при селекции сои или пшеницы молекулярные маркеры позволяют рано выявлять устойчивость к

болезням или повышенное содержание белка и масла, не дожидаясь проявления этих признаков в полевых условиях.

Ещё одним современным направлением является геномная селекция, основанная на анализе множества маркеров, распределённых по всему геному растения. На основе статистических моделей прогнозируется селекционная ценность каждой линии, что позволяет сократить сроки выведения сортов и повысить точность отбора.

При работе с самоопыляющимися культурами большое значение имеет документирование всех этапов селекционного процесса. Для каждой линии ведётся паспорт, включающий сведения о происхождении, родительских формах, признаках, результатах оценки и условиях испытаний. Такие данные хранятся в научных коллекциях и генетических банках, обеспечивая преемственность и возможность дальнейшего использования материала.

Неотъемлемой частью современной селекции является сохранение генофонда. Семена отобранных линий помещаются в коллекционные хранилища, где поддерживаются оптимальные условия для длительного хранения. Это позволяет сохранять генетическое разнообразие, предотвращать утрату редких аллелей и обеспечивать устойчивость селекционных программ в долгосрочной перспективе.

Благодаря сочетанию классических и молекулярных методов селекция самоопыляющихся культур становится всё более точной и предсказуемой. Получаемые сорта отличаются генетической стабильностью, хорошо сохраняют хозяйственные признаки при размножении и обеспечивают устойчивые урожаи даже в стрессовых условиях. В результате самоопыляющиеся культуры остаются ключевым объектом селекционных исследований, формируя основу продовольственной безопасности и устойчивого земледелия в Казахстане и других странах с континентальным климатом.

### **Селекция перекрёстноопыляющихся культур**

Перекрёстноопыляющиеся культуры — это растения, у которых опыление происходит между различными особями, что обеспечивает постоянное обновление и высокую изменчивость генетического материала. К таким культурам относятся подсолнечник, кукуруза, рожь, свёкла, рапс, люцерна и другие. Перекрёстное опыление может происходить с помощью ветра, насекомых или в результате искусственных приёмов, применяемых в селекционной практике.

Главная биологическая особенность перекрёстноопыляющихся растений заключается в их высокой гетерозиготности, то есть разнообразии наследственных факторов в популяции. Это обеспечивает широкий диапазон изменчивости, но в то же время делает такие растения генетически нестабильными при самоопылении. Поэтому основная задача селекционера при работе с перекрёстноопыляющимися культурами — направленное управление генетическим разнообразием и создание стабильных комбинаций признаков, обеспечивающих высокую продуктивность и устойчивость.

Селекция перекрёстноопыляющихся культур имеет свои специфические задачи и методы. Основным направлением является создание гибридов с

эффектом гетерозиса — повышенной жизнеспособностью и продуктивностью у потомства от скрещивания генетически разнородных линий. Эффект гетерозиса особенно ярко проявляется у подсолнечника и кукурузы, где гибриды значительно превосходят родительские формы по урожайности, масличности и устойчивости к стрессовым условиям.

Создание гибридных сортов требует предварительной работы по выведению и поддержанию инбредных линий — генетически устойчивых, высокогомозиготных форм, получаемых путём многократного самоопыления. Каждая линия проходит строгую оценку по признакам продуктивности, стабильности, адаптивности и способности проявлять гетерозис при скрещивании. На основе комбинационной способности инбредные линии группируют и подбирают оптимальные родительские пары для гибридизации.

Процесс селекционной работы с перекрёстноопыляющимися культурами начинается с создания исходного материала. Источниками служат природные популяции, местные сорта, селекционные линии и интродуцированные формы. Их оценивают по комплексу хозяйственно-ценных признаков — урожайности, устойчивости к болезням, засухе, содержанию белка или масла. На этом этапе важно выявить доноров конкретных признаков, например, устойчивости к ложной мучнистой росе или заразихе у подсолнечника, устойчивости к фузариозу у кукурузы и т. д.

Следующий этап — создание гибридов. В селекции перекрёстноопыляющихся культур широко используются методы контролируемого скрещивания, основанные на применении цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС). ЦМС позволяет исключить необходимость удаления тычинок вручную и обеспечивает получение гибридных семян без самоопыления. Для восстановления фертильности используют специальные линии-восстановители, несущие соответствующие гены. Эта система делает процесс гибридизации эффективным и экономичным, обеспечивая высокую генетическую чистоту потомства.

Отбор в популяциях перекрёстноопыляющихся культур проводится поэтапно. На ранних стадиях ( $F_2$ – $F_4$ ) отбирают растения с выраженными хозяйственно-ценными признаками, в последующих поколениях проводят оценку их потомства в разных условиях. Особое внимание уделяется адаптивности линий — способности поддерживать урожайность при изменении погодных факторов. Для оценки устойчивости к болезням и вредителям применяются искусственные инфекционные фонны.

Селекция перекрёстноопыляющихся культур требует постоянного поддержания генетического разнообразия. В отличие от самоопыляющихся растений, где создаются устойчивые гомозиготные линии, здесь необходимо предотвращать сужение генофонда. Для этого используется метод сбалансированных популяций, при котором сохраняются различные генотипы, поддерживающие высокий уровень изменчивости и адаптивности.

На заключительных этапах селекционного процесса проводится испытание гибридов в различных агроклиматических зонах. В течение нескольких лет изучаются показатели урожайности, стабильности, масличности, содержания

белка, устойчивости к патогенам и стрессам. Только после подтверждения высокой адаптивности гибрид может быть рекомендован для включения в Государственный реестр сортов.

Отдельного внимания заслуживает организация семеноводства перекрёстноопыляющихся культур. Поддержание генетической чистоты гибридов требует строгого пространственного изолирования материнских и отцовских линий, контроля опыления и чёткого документирования схем размножения. Для сохранения исходных линий и гибридов используются системы генетического контроля, основанные на маркерных анализах и паспортизации.

Современная селекция перекрёстноопыляющихся культур развивается в направлении интеграции классических и молекулярных методов. Геномная селекция, анализ комбинационной способности, цифровое фенотипирование и использование искусственного интеллекта при оценке полевых данных становятся важными инструментами в повышении точности и скорости отбора. Эти технологии позволяют не только создавать новые высокопродуктивные гибриды, но и сохранять генетическое разнообразие — стратегический ресурс для адаптации сельского хозяйства к изменяющимся климатическим условиям.

Таким образом, селекция перекрёстноопыляющихся культур представляет собой сложный и многоэтапный процесс, требующий сочетания генетических, биотехнологических и организационных подходов. Её успех определяется способностью селекционера управлять генетическим разнообразием, эффективно использовать эффект гетерозиса и обеспечивать сохранение исходных линий. Современные достижения в области геномики и цифровых технологий позволяют существенно ускорить создание новых гибридов, адаптированных к условиям континентального климата и требованиям устойчивого земледелия.

### **Ключевые отличия селекции самоопыляющихся и перекрёстноопыляющихся культур**

Различия между самоопыляющимися и перекрёстноопыляющимися культурами обусловлены их биологическими особенностями и глубоко влияют на организацию, методы и цели селекционного процесса. Понимание этих различий является основой для правильного выбора методики, определения длительности программы, системы отбора и стратегии поддержания генетического разнообразия.

Самоопыляющиеся культуры, такие как пшеница, ячмень, соя, рис, горох, фасоль и лен, характеризуются высокой степенью самофертильности. Опыление и оплодотворение происходят внутри одного цветка, что быстро приводит к росту гомозиготности и формированию стабильных генотипов. Уже через несколько поколений, как правило, от шести до восьми, растения становятся практически генетически однородными. Это свойство позволяет селекционеру относительно быстро получать чистые линии, сохраняющие свои признаки при последующих размножениях.

Перекрёстноопыляющиеся культуры, напротив, включают такие виды, как подсолнечник, кукуруза, рожь, свёкла, люцерна и многие овощные культуры. Для них характерен обмен пыльцой между различными растениями, что поддерживает

высокий уровень гетерозиготности и генетической изменчивости. Такое разнообразие создаёт широкие возможности для действия гетерозиса — эффекта превосходства гибридов первого поколения над родительскими формами по урожайности, устойчивости и другим показателям. Однако из-за постоянной рекомбинации генов у перекрёстноопыляющихся видов сложнее фиксировать желательные сочетания признаков, поэтому их селекция требует других подходов.

Селекция самоопыляющихся культур направлена на закрепление ценных комбинаций генов и получение стабильных линий. В отличие от этого, в селекции перекрёстноопыляющихся культур акцент делается на сохранении и использовании генетического разнообразия. Цель селекционера здесь — не столько зафиксировать признак, сколько эффективно управлять изменчивостью, усиливая действие благоприятных генов и сочетаний.

Организация селекционного процесса у этих групп культур также существенно различается. Для самоопыляющихся культур исходный материал создаётся путём ограниченного числа скрещиваний с последующим применением методов родословной, массовой или ускоренной селекции — *pedigree*, *bulk*, *single-seed descent*. Основная задача — выделить и стабилизировать генетически однородные линии, пригодные для использования как сорта или как исходный материал для дальнейшей работы. Отбор здесь преимущественно индивидуальный, основанный на фенотипической оценке отдельных растений и потомств. Благодаря самоопылению гомозиготность закрепляется быстро, а значит, и сроки выведения новых сортов короче — от шести до десяти лет, иногда меньше при применении ускоренных технологий, таких как *doubled haploids* или *speed breeding*.

Селекция перекрёстноопыляющихся культур более сложна по организации. Здесь селекционер работает с популяциями, где высокая изменчивость поддерживается естественным перекрёстным опылением. Основными инструментами служат методы циклического и популяционного отбора, оценка комбинационной способности линий и получение гибридов. При этом проводится тщательная оценка общей и специфической комбинационной способности, которая позволяет определить, какие линии обладают наилучшей способностью передавать потомству благоприятные признаки, а какие образуют особенно удачные сочетания в определённых комбинациях.

Тип генетической структуры сортов также различен. У самоопыляющихся культур сорта представляют собой практически гомозиготные линии, характеризующиеся стабильностью и однородностью. У перекрёстноопыляющихся культур, наоборот, сорта и популяции гетерозиготны, что обеспечивает им пластичность, адаптивность и потенциал для проявления гетерозиса. Селекционные методы, применяемые к ним, ориентированы на поддержание этой изменчивости, а не на её устранение.

Методы гибридизации в обеих группах культур также имеют свои особенности. У самоопыляющихся видов гибридизация требует ручной эмаскуляции — удаления тычинок и искусственного опыления. Процесс трудоёмкий, но позволяет точно контролировать родительские формы. У перекрёстноопыляющихся культур опыление часто осуществляется естественным путём — ветром или насекомыми, а исключение самоопыления достигается с

помощью цитоплазматической или генетической мужской стерильности. Это облегчает массовое производство гибридного семени и делает возможным промышленное производство гибридов.

Селекционные схемы также различаются. Для самоопыляющихся культур чаще применяются методы педигри и беккросса, которые направлены на отбор и фиксацию гомозиготных линий. У перекрёстноопыляющихся культур ведущую роль играют методы рецидивизирующего отбора, популяционной селекции и схемы типа линии × тестера, позволяющие выявлять лучшие комбинации родительских линий.

Системы семеноводства у самоопыляющихся культур относительно просты: достаточно поддерживать сортовую чистоту и периодически обновлять семенной материал. Один сорт может использоваться в течение многих лет без потери продуктивности. У перекрёстноопыляющихся культур семеноводство требует более строгого контроля — гибридное семя необходимо производить ежегодно, обеспечивая пространственную и временную изоляцию посевов, удаление чужеродных растений и постоянный контроль стерильности. Нарушение этих условий приводит к потере гетерозиса и значительному снижению урожайности.

Различия касаются и экономической стороны. Селекция самоопыляющихся культур менее затратна, так как требует меньших площадей и людских ресурсов, но приносит более умеренный экономический эффект. Селекция перекрёстноопыляющихся культур, напротив, требует больших инвестиций, особенно при производстве гибридного семени, однако именно она обеспечивает наибольший коммерческий результат благодаря устойчивому спросу на гибридные сорта и выраженному эффекту гетерозиса.

В философском смысле подходы к селекции этих культур можно описать по-разному. Селекционер, работающий с самоопыляющимися культурами, выступает как создатель стабильности: он стремится закрепить редкие сочетания генов, добиться постоянства признаков и воспроизводимости результатов. Селекционер, работающий с перекрёстноопыляющимися культурами, напротив, управляет изменчивостью — он проектирует комбинации, поддерживает разнообразие и усиливает взаимодействие между линиями, чтобы добиться максимального проявления гибридного эффекта.

В целом различие между селекцией самоопыляющихся и перекрёстноопыляющихся культур заключается в подходе к управлению генетическим разнообразием. В первом случае оно постепенно сужается ради стабильности и однородности, во втором — поддерживается и используется ради адаптивности и продуктивности. Обе системы являются необходимыми и взаимодополняющими: селекция самоопылителей обеспечивает предсказуемость и устойчивость сортов, тогда как селекция перекрёстноопылителей создаёт основу для инноваций и гибридных технологий. В современной практике всё чаще эти подходы сочетаются — гибридизация, маркерная и геномная селекция позволяют объединять преимущества обеих систем, обеспечивая как стабильность, так и высокий потенциал продуктивности.

Таблица 1. Ключевые отличия селекции самоопыляющихся и перекрёстноопыляющихся культур

<b>Параметр</b>	<b>Самоопыляющиеся культуры</b>	<b>Перекрёстноопыляющиеся культуры</b>
Тип сортов	Линейные, чистолинейные	Популяционные, синтетические, гибриды
Тип опыления	Оплодотворение собственной пылью	Опыление пылью других растений
Генетическая структура	Гомозиготная	Гетерозиготная
Изменчивость	Ограниченная, стабилизированная	Высокая, поддерживаемая перекрёстным опылением
Эффект гетерозиса	Практически отсутствует	Ярко выражен (особенно в F1)
Основной метод отбора	Индивидуальный, родословный	Семейный, популяционный, комбинационный
Тип семеноводства	Простое, повторное размножение сорта	Контролируемое производство гибридного семени
Скорость стабилизации признаков	Быстрая (6–8 поколений)	Невозможна полная стабилизация, сохраняется изменчивость
Основная цель селекционера	Фиксация и стабилизация ценных генотипов	Максимизация гетерозиса и адаптивного потенциала
Стабильность признаков	Высокая, сохраняются при семенном размножении	Низкая, происходит расщепление признаков
Методы селекции	Чистые линии, индивидуальный отбор, гибридизация с самоопылением	Массовый отбор, рекуррентная селекция, гибридизация с поддержанием гетерозиготности

### **Заключение**

Селекция сельскохозяйственных культур — это не просто набор агротехнических приёмов, а системный, научно обоснованный процесс управления наследственной изменчивостью растений с целью создания новых, более продуктивных, устойчивых и качественных сортов. В основе селекционной

работы лежит понимание закономерностей наследования признаков, взаимодействия генотипа и среды, а также использование методов, позволяющих направленно изменять наследственный материал.

Организация селекционного процесса требует комплексного подхода, включающего чёткое планирование этапов работы, отбор исходного материала, проведение скрещиваний, многолетние испытания и оценку хозяйственно-ценных признаков. Особое значение имеет точность учёта, надёжность документирования и строгая научная методология, обеспечивающие преемственность исследований и достоверность полученных результатов.

Самоопыляющиеся и перекрёстноопыляющиеся культуры отличаются не только биологическими особенностями, но и принципиально разными стратегиями селекционной работы. В селекции самоопылителей основное внимание уделяется фиксации ценных комбинаций генов, созданию чистых, стабильных линий и сохранению их свойств при размножении. В селекции перекрёстноопылителей, напротив, акцент делается на управлении изменчивостью, поддержании гетерозиготности и использовании эффекта гетерозиса при создании гибридов. Эти различия определяют выбор методов — от индивидуального родословного отбора до популяционного и гибридного подхода.

Развитие селекции напрямую связано с задачами устойчивого сельского хозяйства. Новые сорта должны сочетать продуктивность с экологичностью, обеспечивать эффективное использование ресурсов, снижать потребность в химических средствах защиты растений и удобрениях. В этом контексте селекционная наука становится не только инструментом повышения урожайности, но и фактором экологического равновесия и продовольственной независимости.

Казахстан, обладая разнообразием природно-климатических зон, имеет огромный потенциал для развития селекции как в сфере масличных культур, так и других направлений растениеводства. Современные программы ориентированы на создание сортов, адаптированных к региональным условиям, с высоким содержанием масла, устойчивостью к засухе и болезням. Продолжение научных исследований и внедрение инновационных технологий обеспечат дальнейший рост эффективности и конкурентоспособности отечественного растениеводства.

Итак, можно сказать, что селекция — это наука будущего, где соединяются генетика, биотехнология, экология и экономика. От её успехов зависит устойчивость сельского хозяйства, уровень продовольственной безопасности и благополучие общества. Главная задача современного селекционера — не просто вывести новый сорт, а создать основу для устойчивого развития аграрной системы, способной адаптироваться к вызовам времени и сохранять баланс между производительностью и природой.

### Список использованной литературы

1. Жученко А. А. Адаптивный потенциал культурных растений и селекция. — М.: Колос, 2001. — 912 с.
2. Гаврилова О. А., Сейлгазина С. М., Закиева А. А., Сабырбаев Г. Б. Создание самоопыляемых линий и гибридов подсолнечника с повышенным содержанием олеиновой кислоты в масле семян // Сельскохозяйственные науки. — 2024. — № 4. — С. 62–69.
3. Щербань С. В., Романова Н. В., Байгеленова А. К. Пополнение коллекции генофонда отцовскими линиями-восстановителями фертильности пыльцы в ТОО «ОХМК» Восточно-Казахстанской области // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. — 2023. — № 7. — С. 55–62.
4. Киселёв В. И., Курчатов П. С. Теоретические основы селекции растений. — М.: Агропромиздат, 2017. — 384 с.
5. Дубинин Н. П. Генетика и селекция в XXI веке: наука, влияющая на будущее аграрного мира. — СПб.: Наука, 2020. — 288 с.