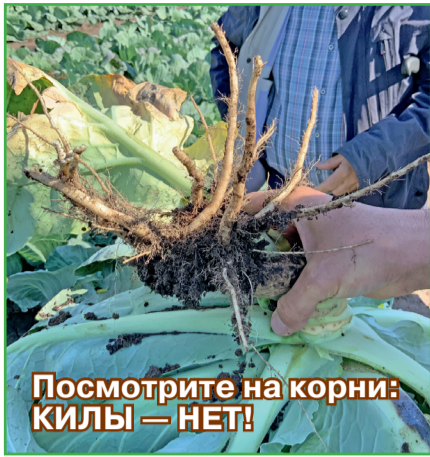


# F1 КИЛАСТОП — КИЛЕ



**Посмотрите на корни: КИЛЫ — НЕТ!**

Основной тренд в развитии современной селекции связан с переходом от создания сортов-популяций к выведению F1-гибридов.

**F1-гибриды обладают неоспоримыми преимуществами за счёт гетерозисного эффекта и высокой морфологической однородности у перекрёстноопыляемых культур.** Кроме того, они обеспечивают биологическую защиту авторских прав за счёт использования особенностей цветения, не позволяющих репродуцировать семена от F1-гибридов (физиологическая самонесовместимость, цитоплазматическая мужская стерильность). В этом направлении особенно преуспели транснациональные компании. Они не жалели финансовых ресурсов на создание современных селекционных центров, включающих биотехнологические лаборатории. Конкуренция на рынке биотехнологий невероятно высока. И это всё ради создания селекционных достижений с конкурентными преимуществами.

**В результате вхождения нашей страны в мировой рынок,** наши производители сельскохозяйственной продукции получили доступ к самым лучшим в мире сортам и гибридам. К тому же, их семена откалиброваны по фракциям, обработаны фунгицидами и инкрустированы в полимерную плёнку, что обеспечивает их пригодность для посева сеялками точного высева. Исходя из этого, перед отечественными селекционерами задача существования на рынке семян усложнилась, и теперь вопрос нахождения в рынке зависит от способности создания гибридов с качествами лучшими, чем самые лучшие селекционные достижения в мире. Зададимся вопросом – а насколько это возможно?

**Задача чрезвычайно сложна, но как показывает опыт работы селекционеров Тимирязевки, выполнима.** И одним из условий успеха является освоение современных научных достижений. Современные генетические и биотехнологические технологии заточены на усложнение и ускорение селекционного процесса. Технология создания родительских линий F1-гибридов за счёт использования гаплоидных технологий (культивирование микроспор у капусты и моркови или неоплодотворенных яйцеклеток у лука и тыквенных) позволяет сократить срок создания таких линий с 10-12 лет у двулетних овощных растений при классическом методе (самоопыление и отбор наиболее выровненных потомств) до 2-3 лет. Использование молекулярных маркеров упрощает отбор нужных генотипов и сокращает работу выделения гомозиготных растений с нужным признаком в 3-4 раза. Технология спасения гибридных зародышей при отдалённой гибридизации позволяет эффективно передавать нужные гены из одного вида или рода в другой. Технология редактирования генов вообще изменяет суть селекции. Знание механизма действия гена, его физического расположения в хромосоме и возможность его выключения рисует фантастические перспективы в изменении признаков растений. Число генов, модифицированных при помощи системы геномного редактирования CRISPR/Cas с целью улучшения признаков сельскохозяйственных растений за последние 5 лет, после того как эту технологию впервые примени-

ли на растениях в 2013 году, составило 81. Суть этой технологии упрощённо заключается в том, что с помощью специальной направляющей нРНК нуклеаза Cas, составляющая основу данной системы редактирования, находит ген мишень в геноме растения и вносит целевые изменения в его структуру. У овощных культур наибольшие успехи по применению этой технологии получены у томата и огурца.

**Но не все так просто в природе, и реальная действительность всегда сложнее** и вносит свои коррективы в возможность манипуляции с живыми организмами, в том числе и с растениями. **Следует иметь в виду, что большинство наиболее важных признаков: скороспелость, урожайность, зимостойкость, адаптивность и другие наследуются полигенно,** то есть контролируются множеством генов со слабым фенотипическим эффектом. Кроме того, селекционеры в своей работе всегда сталкиваются с обратными корреляциями таких важнейших признаков как скороспелость и урожайность, урожайность и лёжкость, лёжкость и высокие вкусовые качества. И эти закономерности в какой-то мере можно преодолеть за счёт создания F1 гибридов.

Рассмотрим сложность интеграции биотехнологических подходов с классическими методами на примере селекции капусты с генетической устойчивостью к наиболее вредоносным заболеваниям: киле, фузариозному увяданию и сосудистому бактериозу.



Несмотря на то, что кила капусты была описана ещё в XIII столетии, первое обстоятельное изучение биологии возбудителя проведено русским ученым академиком М.С. Ворониным в 1877 году. Патоген поражает корневую систему растений семейства Крестоцветные, вызывая разрастание паренхимной ткани корней и образование «желваков». В результате нарушается поступление воды и питательных веществ из почвы, растения испытывают водный стресс, особенно в жаркое время суток, что ведет к задержке и ослаблению роста. Поражённые в рассадный период растения редко образуют кочан, останавливаются в росте или погибают. В «желваки» легко проникают почвенные бактерии, развиваются мокрые гнили корней. Одно поражённое растение после гибели оставляет около 1 млрд. покоящихся спор. Вредоносность возбудителя килы капусты в значительной степени зависит от таких факторов как температура, влажность и кислотность (рН) почвы. Оптимальной температурой для заражения растений капусты килы является 22...24°C. Оптимальная рН для заражения - ниже 5. На щелочных почвах степень поражения значительно снижается, поэтому рекомендуют известкование поражённых участков. Возбудитель может размножаться только при высокой влажности почвы. Оптимальной для заражения килкой принято считать влажность почвы 75...80%.



Значительная часть покоящихся спор возбудителя, попадая в почву, способна сразу прорастать. Меньшая часть в первый год не прорастает и сохраняет жизнеспособность и патогенность до 15 лет. При поражении всходов капусты в благоприятных для возбудителя условиях, болезнь проявляется через 40 дней. Сложность борьбы с патогеном обуславливается крайне высокой устойчивостью покоящихся спор патогена, которые выдерживают сильное промораживание и прогревание до 100°C.

киле обладали сорта кормовой капусты (Вологодская мозговая, Московская синяя, Веха и др.), которая контролировалась несколькими рецессивными генами. Однако, передача этих генов в белокочанную капусту оказалась безуспешной.

Во втором гибридном поколении кочанные формы сопровождала высокая восприимчивость. По всей видимости, гены восприимчивости сцеплены с генами, отвечающими за формирование кочана. Передать эти гены устойчивости из кормовой капусты в белокочанную не удалось никому, хотя японские селекционеры работали над этим более 50 лет. Наиболее эффективные гены устойчивости к киле были обнаружены в 1975 году голландскими учеными Тохорус и Janssen в образцах турнепса. У турнепса 20 хромосом (А-геном) он легко скрещивается с репой и капустой пекинской, трудно скрещивается с брюквой (АС-геном, 38 хромосом) и не скрещивается с капустой белокочанной (С-геном, 18 хромосом). Поэтому нам не оставило большого труда, передать эти гены устойчивости из турнепса в капусту пекинскую. Наши овощеводы полюбили гибриды капусты пекинской F1 Ника, F1 Гидра и F1 Нежность. Причём у F1 Ника устойчивость контролируется двумя доминантными генами.

Брюква и рапс произошли спонтанной гибридизацией представителя А-генома с представителем С-генома и удвоением числа хромосом. Исходя из этого, для передачи наиболее эффективных доминантных генов устойчивости из турнепса в капусту мы использовали метод промежуточного скрещивания (мостика). Сначала в 2006 году провели гибридизацию турнепса – донора доминантных генов устойчивости с брюквой сорта Вильгельмсбургер, также устойчивой к киле. Затем полученный межвидовой гибрид (геном АСС) скрещивали с капустой белокочанной (С-геном) и насыщающими скрещиваниями в течение 5 циклов передали ген устойчивости из турнепса в капусту белокочанную.

В каждом поколении на искусственном инфекционном фоне отбирали устойчивые к киле растения с признаками капусты. Таким образом впервые в мире путём отдалённой гибридизации нам удалось передать в капусту наиболее эффективные доминантные гены устойчивости к киле из турнепса.

Следующий этап – передача этих генов в разные по скороспелости образцы капусты белокочанной, а также брокколи, цветную капусту, кольраби и краснокочанную капусту. Для ускорения селекционной работы на один из этих генов разработан молекулярный маркер. Для гибридизации использованы родительские линии коммерческих F1-гибридов с генетической устойчивостью к фузариозному увяданию. Проблему создания гибридов с устойчивостью к фузариозному увяданию мы решили ещё в 90-х годах прошлого века.

**Длительному сохранению спор возбудителя в почве способствуют сорняки семейства Крестоцветные: Редька дикая, Горчица полевая, Ярутка полевая, Пастушья сумка и другие восприимчивые растения. Агротехнические методы борьбы с килкой – внесение в почву бора, известкование, многопольный севооборот - снижают степень поражения, но их недостаточно для получения полноценного урожая. Применение фунгицидов ограничено из-за отсутствия экономически доступных и экологически безвредных для внесения в почву.**

**Наиболее эффективным является создание и возделывание генетически устойчивых сортов и F1-гибридов.**

Вместе с тем, селекция очень трудоёмка и сталкивается с рядом сложностей. Многолетнее изучение генофонда капусты сотрудниками ВИР и сотрудниками НИИОХ под руководством Б.В. Квасникова, и наши многолетние оценки на инфекционном фоне, выделившихся ранее как устойчивых сортов народной селекции, показало отсутствие эффективных генов устойчивости. Все эти сорта (Вальватьевская, Клыкковская, Капорка, Лосиноостровская 8, Быковка, Московская поздняя 9, Боммервальдколь и др.) обладали лишь определённой толерантностью, то есть формировали хоть какой-то урожай за счёт интенсивного образования придаточных корней при окулировании. Высокой устойчивостью к