

Картофельная революция и тритикале-эволюция



Смогут ли в ближайшем будущем геномные биотехнологии кардинально изменить растениеводство?

Ученые, отвечая на этот вопрос, сдержаны в прогнозах. Но пусть это будет журналистская гипотеза, вынесенная из общения с докторами биологических наук Александром Ермишиным и Надеждой Дубовец, заведующим лабораторией и главным научным сотрудником Института генетики и цитологии НАН Беларуси. Докажет ли ее время, посмотрим.

Семена вместо клубней?

Картофелеводы рассчитывают на прибыль. Однако закопать клубень, словно золотой пятак, и ждать, пока вырастет, образно выражаясь, денежное дерево, не приходится. Аграрии все больше несут огромные затраты на химию и множественные обработки, съедающие тонны и тонны солярки и миллионы рублей, а денежное дерево все хиреет. У картофеля столько болезней, что в неблагоприятный год можно потерять больше половины урожая. Вирусные инфекции могут не только погубить урожай, но и способствуют вырождению генофонда. Да и те 200—400 центнеров с гектара весной значительно полегают, когда часть клубней из-за порчи уйдет в отходы. Селекционеры бьются над созданием устойчивых к разным болезням сортов много лет, а результат?

Задумаемся, почему у нас целый институт занимается одной-единственной культурой — картофелем, когда другие научные учреждения исследуют их с десятков?

Все потому, что его селекция из-за биологических особенностей крайне сложная. Чтобы вывести новый сорт всем нам знакомого продукта, надо получить около 70—150 тысяч межсортных гибридов, потом в течение 19 лет жесткого отбора, испытаний по различным признакам получить один-единственный сеянец с полезными признаками, размножить его, чтобы затем можно было передать в государственное сортоиспытание. Для чего необходимо иметь 60 тонн клубней. Чрезвычайно трудоемкая и затратная работа. К тому же при посадке в промышленных масштабах на гектар надо от 3,5 до 4,5 тонны семян — при урожайности в 20 тонн пятая часть уходит обратно в землю. Это при вегетативном размножении.

Ученые считают, что панацеей может стать лет эдак через 15, а в разрезе истории совсем скоро, половое размножение этой культуры (вспоминайте 6-й класс биологии, пестики и тычинки) и посадка не клубнями, а семенами сродни луку-севку. В наших климатических условиях, скорее всего, будет это двухлетка. Севка понадобится не 3,5—4,5 тонны на гектар, как обычных клубней, а максимум 800 килограммов, дающих очень хороший урожай. Решается проблема борьбы с вирусами, упрощается семеноводство. Выгода исключительная.

Возможно, для хозяйственников такая технология покажется совершенно фантастической. Но не спешите улыбаться. На сайте группы компаний KWS размещена информация, что бизнес по традиционной селекции и семеноводству фирма продала и полностью сосредоточила свои усилия, ресурсы и ноу-хау на селекции гибридных сортов картофеля. По словам директора Петера Хоффмана, размножение с использованием семян вместо клубней — совершенно новый, но весьма многообещающий подход, имеющий существенные преимущества перед традиционными методами селекции. Чтобы читатель имел представление о компании, уместно привести такие цифры: в прошлом году продажа ею семян составила более

миллиарда евро. Компания входит в пятерку крупнейших селекционных фирм мира, тратит 180 миллионов евро в год на научные разработки.



Исходный селекционный материал для проведения своих исследований KWS взяла в лаборатории генетики картофеля Института генетики и цитологии НАН Беларуси, которую возглавляет Александр Ермишин:

— В мире только четыре, вместе с нашей, аналогичные лаборатории — в Голландии, США (в штате Висконсин) и Польше. Над направлением диплоидной селекции начали работать с 90-х годов и не отступили от исследований, когда их все бросили, не получив результата, потому что были молодыми и амбициозными.

Что за материал создала лаборатория генетики картофеля? Это трудно объяснить на пальцах. Скажем только, что культурный картофель-тетраплоид имеет четыре набора хромосом. Такой уж завезен некогда в наши широты. И он не скрещивается с диким картофелем, диплоидом с парным набором хромосом, у которого как раз и есть ценные гены, отвечающие за устойчивость к болезням: природа установила несколько барьеров. ДНК-технологии с 2000-х, когда появились маркеры, помогли идентифицировать, распознать каждый ген и его разновидности — аллели, несущие нужные свойства. Сотрудники лаборатории сумели-таки извлечь нужный ген устойчивости, а именно к фитофторе, и нашли способ его трансформации в структуру хромосомы культурного растения. Материал запатентован и передан в Институт картофелеводства, где с ним уже работают. Дадим слово доктору биологических наук Александру Ермишину:

— Имеется ряд ценных для селекции диких видов картофеля, в частности 1 EBN — мексиканские диплоидные виды, которые практически не скрещиваются с культурным картофелем, включая дигиплоиды *Solanum tuberosum* (2x, 2 EBN), из-за жестких пре- и постзиготных межвидовых репродуктивных барьеров. Для вовлечения в селекцию генофонда этих видов предлагается использовать оригинальные SvSv-линии (F2 дигиплоиды *S. Tuberosum* × *S. Verrucosum*), у которых St-аллели культурного картофеля замещены на Sv от самосовместимого диплоидного вида *S. Verrucosum*, не образующего пестичных S-PHКаз. Предполагалось, что благодаря наличию в гомозиготном состоянии S-генов, привнесенных от *S. Verrucosum*, SvSv-линии имеют те же возможности для устранения презиготной несовместимости при межвидовой гибридизации, что и этот дикий вид, однако их использование позволит устранить нежелательные эффекты, связанные с его применением (мужская стерильность гибридов, пониженное клубнеобразование). Установлено, что SvSv-линии превосходят *S. Verrucosum* по эффективности гибридизации с 1 EBN видами благодаря обильному и продолжительному цветению в более поздние, по сравнению с *S. Verrucosum*, сроки, когда наступает цветение видов-опылителей. Полученные межвидовые гибриды удалось скрестить в качестве материнских форм с дигиплоидами *S. Tuberosum*.

Только по терминологии можно понять, сколько знаний необходимо ученому. Заметим, что Sv-линии запросил в свою коллекцию крупнейший генбанк по картофелю в мире — американский. Сейчас материал готовится к отправке в хранилище за океаном. Это первый в истории случай, когда разработки белорусских ученых по картофелю поступят в генбанк США. Что означает их внедрение в мировом масштабе, потому что любой селекционер может обратиться в банк и бесплатно получить этот ценный материал.

Диплоидная селекция, созданный исходный материал и есть основа для изменения парадигмы выращивания картофеля — от вегетативного к половому размножению.

Инженеры хромосом



Не менее все сложно с молодой по меркам эволюции тритикале, первой зерновой культурой, созданной искусственно путем объединения геномов пшеницы и ржи. За неполных сто лет пшенично-ржаной амфидиплоид из ботанического курьеза, как его часто называют, превратился в ценную кормовую культуру. Она лучше других зерновых подходит для малозатратных, ресурсосберегающих технологий. Сегодня наша страна занимает второе место в мире по ее посевным площадям, а это около 500 тысяч

гектаров — нас обогнала только Польша. Но из-за полегания тритикале и предуборочного прорастания зерна можно потерять от 50 до 80 процентов урожая. Проблема стоит очень остро, и без помощи генетиков селекционеры не справятся.

Все недостатки «юной культуры» в немалой степени связаны с отсутствием у тритикале D-генома мягкой пшеницы, который заменен на геном ржи. Решение проблемы лежит в использовании созданных методами хромосомной инженерии рекомбинантных форм тритикале, пшеничный компонент кариотипа которых составлен различными сочетаниями хромосом A-, B- и D-геномов. Создание таких сочетаний на микроуровне живого организма, складывание пазлов, чтобы общая картина проявилась богатным «рисунком», требует терпения, обширных знаний, интуиции.

Сам термин «хромосомная инженерия» введен в обиход известнейшим цитогенетиком прошлого века Эрнестом Робертом Сирсом и означает перенос сегментов чужеродных хромосом, несущих ценные гены в хромосомы пшеницы. Однако по мере использования значение было расширено, и сегодня хромосомная инженерия включает в себя манипуляцию хромосомных составов — на уровне сегментов и целых хромосом, а также на уровне целых геномов.



Чтобы понять смысл работы доктора биологических наук, главного научного сотрудника лаборатории цитогеномики растений, недавно избранной в членкоры академии наук Надежды Дубовец, надо знать, что состоит полиплоид пшеницы из A, B и D-геномов. У тритикале последний замещен геномом ржи (на снимке). В хромосомах отсутствующего D-генома как раз размещены гены, отвечающие за низкорослость, хлебопекарные качества и способствующие меньшему прорастанию зерна, объясняет Надежда Ивановна:

— Вполне естественно возникла мысль: если мы введем геном тритикале в хромосомы D-генома пшеницы с нужными нам генами, то мы сможем решить эту проблему. Такие попытки предпринимаются очень давно — пытались скрестить пшеницу с тритикале, но в этом случае хромосомы D-генома заменяют часть хромосом R-генома, а это противоречит самой философии создания тритикале, поскольку культура должна совмещать лучшие свойства обеих культур. А мы уменьшаем эту пропорцию. Значит, лучше всего проводить ретрогрессию за счет замещения

хромосом, допустим, А или В, которые менее ценны. Способ такой предложен давно, тогда же создали уникальные формы тетраплоидной тритикале. Они не имеют коммерческого значения, поскольку с низкой урожайностью, зато представляют прекрасный объект для хромосомного инжениеризма. Был предложен такой способ: если скрещиваем ортаплоидную тритикале и тетраплоидную, то в результате получим интрогрессию хромосом D-генома как раз за счет замещения А или В внутри пшеничного компонента. R-геном остается цел. Но метод не получал распространения из-за того, что тетраплоидную тритикале получить очень сложно. Это такой ботанический курьез, но интересный, совершенно уникальный объект. Плюс нужен был метод мониторинга всего процесса — молекулярного маркирования материала.

В лаборатории решили апробировать давно предложенную схему замещения менее ценного генома, в итоге даже усовершенствовали ее, а также создали тетраплоидную тритикале. Надежда Ивановна освоила метод дифференциального окрашивания, два года стажировалась в Москве. Нужно ведь следить, попала ли желаемая хромосома в клетку, наследуется или исчезает.

Проведена огромная работа и множество комбинаций скрещиваний. Ученые доказали, что действительно при таких скрещиваниях можно получать очень широкий спектр интрогрессий, разных хромосом D-генома. А значит, говоря простым языком, будет в наличии и ген устойчивости к полеганию, и тот, который отвечает за превосходные вкусовые качества. Одновременно можно проводить селекцию на улучшение нескольких признаков. Провели оценку цитологической стабильности — надо, чтобы нужные хромосомы сохранялись в ходе смены поколений. Она имеет высокий уровень.

Но ученым не повезло. В исходном материале, который предоставили из Всероссийского института растениеводства, когда начинали работу, не оказалось аллелей с нужными качествами, в частности короткостебельности. Тогда еще работали вслепую, уже позже появился метод молекулярного анализа, позволяющий выявлять аллели. Поэтому в практику внедрить материал нельзя. Однако метод проверен, и он работает.

Сейчас лаборатория помогает селекционерам с молекулярным маркированием материала. Провели скрининг на наличие генов короткостебельности в образцах питомника НПЦ по земледелию, выделили те, где имеется необходимый мутантный аллель, среди них селекционеры провели оценку хозяйственно-полезных признаков, в результате отобрали лучший сортообразец — на 23 сантиметра ниже, чем стандарт, который сейчас проходит сортоиспытания. Конечные результаты ожидаются в начале следующего года, когда комиссия предоставит заключение. По второму проекту генетики совместно с селекционерами пытались частично решить проблему склонности к прорастаню зерна в колосе. Маркировали ген устойчивости к прорастаню и тоже выделили материал с наличием этого гена, знакомит с результатами Надежда Ивановна:

— Пока рекомбинантные формы — хромосомо-инженерные — нам не удалось использовать. Но мы сейчас работаем над введением в эти формы нужных аллелей. Работа сложная, но, думаю, года через три будет завершена.

Прикладной характер исследований Надежды Дубовец — это производная ее фундаментального труда. Около тридцати лет она занимается изучением эволюционных аспектов в становлении семейства злаковых. С помощью тетраплоидной тритикале ученые воспроизвели в эксперименте никем не изученный процесс микроэволюционной дифференциации тетраплоидных видов злаков. Установили определенные закономерности, пришли к выводам, которые

подтверждают, что гибридизация играет главную роль в становлении семейства злаков, возникновении их новых видов

Сама проблема генетической изменчивости колоссальная. Дело в том, что современные технологии селекции, допустим, пшеницы, привели к тому, что произошла замена сортов, основанных на комбинировании многих разновидностей, сортами, которые фактически созданы на одной генетической основе. При «зеленой» революции обнаружили сорт с генами короткостебельности и стали этот сорт использовать во всех селекционных программах. В результате получилось, что пшеница имеет очень узкое генетическое разнообразие и потеряла свою адаптивность к стрессовым факторам — болезням, вредителям. Потом опомнились: мы потеряли разнообразие и сузили генофонд, надо его расширять. Как? На помощь пришли методы хромосомной инженерии. В поисках расширения генетического разнообразия находится и Надежда Дубовец.