

И нженерия на уровне гена

И впечатляют, и вызывают опасения – так говорят сегодня о достижениях современной биотехнологии или генетической инженерии. В первую очередь это касается генно-модифицированных организмов. Вмешательство в наследственный аппарат растений приводит к появлению сортов устойчивых как к болезням, так и к стрессовым факторам среды: засухе, жаре, холоду, повышенному засолению почвы, что делает их очень востребованными в сельском хозяйстве. Но вместе с тем существуют опасения, что введение в растительную клетку чужеродной ДНК может непредсказуемо сказаться в дальнейшем на балансе биологических сообществ, а в отдаленной перспективе – и на здоровье человека. Существует мнение, что биоинженерия положит конец традиционной селекции в растениеводстве. Да, репродуктивные барьеры растений зачастую становятся существенным препятствием в работе генетиков, но, благодаря разработанным инновационным подходам, им по-прежнему удается получать уникальные гибриды и существенно пополнять генофонд культурных растений.

Непроторенным путем

В свое время аспирант Института генетики и цитологии НАН Беларуси Александр Ермишин защитил кандидатскую диссертацию по генетическим аспектам культуры клеток на примере злаковых культур. Возможно, ученый и продолжил бы развивать данное направление, если бы в Институт генетики и цитологии НАН Беларуси с предложением поддержать селекционеров генетическими исследованиями картофеля не обратился академик П.И. Альсмик из Белорусского НИИ плодоводства, овощеводства и картофелеводства. В то время именитый ученый возглавлял отдел селекции картофеля и был бессменным руководителем республиканской и союзной научно-исследовательской тематики по селекции картофеля. П.И. Альсмик высказал обеспокоенность тем, что картофелю – стратегически важной для Беларуси культуре – со стороны отечественных генетиков уделяется мало внимания. К слову, второй хлеб белорусов – четвертая по значимости из выращиваемых в мире сельскохозяйственных культур – возделывается более чем в 140 странах. Республика Беларусь занимает восьмое место в ряду крупнейших стран – производителей картофеля, таких как Китай, Россия, Индия, США, и является абсолютным лидером по объему производ-

ства и потребления картофеля в пересчете на душу населения.

Предложенную академиком тему подхватил А. Ермишин. И, надо признать, преуспел в этом исследовательском направлении. В процессе более чем двадцатилетней работы ему неоднократно приходилось вписывать новые страницы в генетику картофеля, разрушая уже сложившиеся в научном мире постулаты.

Сегодня можно уверенно говорить о том, что в лаборатории генетики картофеля Института генетики и цитологии НАН Беларуси под руководством доктора биологических наук, профессора Александра Петровича Ермишина сделано немало открытий, которые позволили исследователям добиться серьезного прогресса в этом направлении науки.

Сейчас в лаборатории разрабатываются два взаимосвязанных направления исследований: решение проблем селекции картофеля на диплоидном уровне и изучение возможностей по использованию диких видов, которые не скрещиваются с культурным картофелем. Цель ученых – предложить селекционерам эффективную технологию, которая позволит «собрать» в одном сорте как можно больше полезных генов, в том числе интрогрессированных от диких видов, чтобы получить сорта с комплексной устойчивостью к болезням и вредителям.



Однако не все так просто. Согласно утверждениям А. Ермишина, селекция картофеля во многом непредсказуема. Например, при скрещивании одних и тех же родительских форм можно получить гибриды, дающие 30 граммов маленьких клубней, или, наоборот, до 2 килограммов крупных клубней. Они будут отличаться еще и по форме куста, клубней, глубине глазков, длине столонов и т.д.

– Эффективность селекции любой культуры во многом зависит от степени изученности ее генетики, – поясняет профессор. – Картофель, как объект генетических исследований, намного сложнее большинства сельскохозяйственных растений. Традиционная селекция этой культуры до сих пор остается очень трудоемкой и малоэффективной. Суть такова: тогда как большинство культур – диплоиды, то есть имеют два набора хромосом, картофель – это тетраплоид, имеющий их 4. Культурный картофель *Solanum tuberosum* L. – автотетраплоид, в котором представлены четыре гомологичных генома с 12 хромосомами каждый. Кроме того, если большинство сельскохозяйственных культур – пшеница, ячмень, томаты, перцы или родительские линии кукурузы являются гомозиготами, иначе говоря, их семена полностью воспроизводят генотип родительского растения, у картофеля такое, в принципе, невозможно. Вегетативный способ его размножения позволяет при выведении сортов скрещивать гетерозиготные формы. Потомство получается разнообразное: чтобы отобрать новый сорт картофеля, надо испытать очень боль-

шое количество гибридов. Из множества вариантов выбрать оптимальное сочетание генов очень сложно.

Несколько сузить такую вариабельность помогла инновационная идея белорусских исследователей, к которой они пришли в процессе поиска.

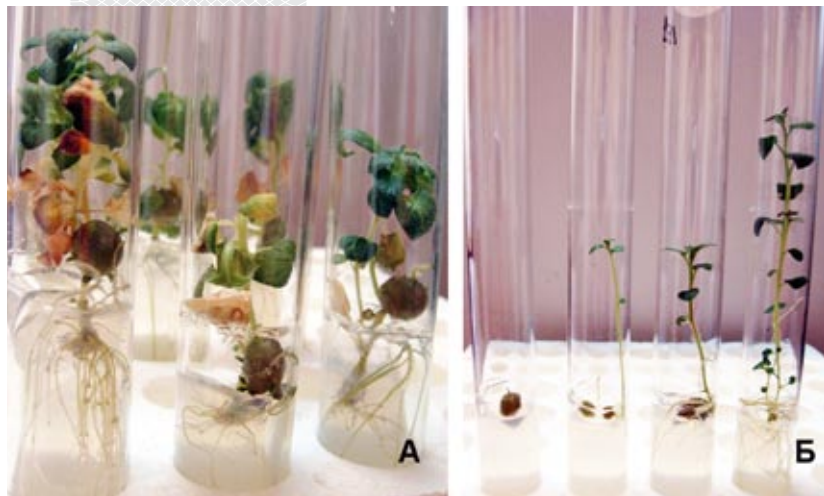
– Мы решили снизить уровень пloidности и проводить селекцию картофеля на диплоидном уровне, а затем лучшие генотипы «вернуть» на тетраплоидный уровень, – отмечает А. Ермишин. – На диплоидном уровне селекцию вести намного проще: изменчивость растений уже не такая большая, легче комбинировать отдельные признаки, нужные селекционерам. Например, связанные с различными генами устойчивости к болезням и вредителям. Они для картофеля очень важны, потому что болезни передаются с клубнями последующим поколениям. Картофелеводам приходится строить сложную систему семеноводства, чтобы сохранить здоровые клубни.

Следует сказать еще об одном преимуществе отбора на диплоидном уровне: можно более эффективно использовать ценный генофонд диких видов картофеля, а их порядка 200 видов. Причем 70 % диких сородичей являются диплоидами, многие из которых относительно легко скрещиваются с культурным диплоидным картофелем.

Отдаленная гибридизация между культурными растениями и родственными дикими, как отметил исследователь, позволяет не только расширить генетическую изменчивость культурного вида, но, что наиболее важно, привнести отдельные ценные гены от дикого вида. Понятно, что подобные скрещивания являются весьма сложным делом, поскольку между видами существуют жесткие репродуктивные барьеры. Но если взять относительно близкие в эволюционном отношении виды, в таком случае и отдаленная гибридизация может быть эффективна, что подтверждено результатами исследований белорусских генетиков.

– Изучение механизмов, лежащих в основе межвидовых репродуктивных барьеров, дало возможность предложить ряд новых подходов, позволяющих вовлечь в гибридизацию с диплоидами культурного картофеля дикие виды: ранее они были практически недоступны для селекции, – подчеркивает А. Ермишин. – В нашей лабо-

▼ Микрোকлональное размножение картофеля. Развитие на разных стадиях



ратории созданы диплоидные линии культурного картофеля, обладающие уникальным свойством: в пестиках их цветков беспрепятственно растет пыльца любого вида картофеля (это стало возможным благодаря интрогрессии им специальных генов самосовместимости от дикого вида картофеля *Solanum verrucosum*).

С помощью новых линий получены многочисленные гибриды с участием группы мексиканских диплоидных видов картофеля, носителей разных ценных для селекции генов, прежде всего, высокой долговременной устойчивости к наиболее вредоносному заболеванию картофеля – фитофторозу.

Ранее с помощью очень сложных генетических манипуляций или с использованием соматической гибридизации получали лишь единичные гибриды с некоторыми из этих видов. А теперь путем обычных скрещиваний ученые получают их в большом количестве. Среди новых гибридов ими отобран ряд перспективных генотипов, которые в течение нескольких лет не имели признаков поражения фитофторой.

Большой интерес для селекции, как считают белорусские генетики, представляет также группа так называемых аллотетраплоидных диких видов картофеля – носителей ценных генов устойчивости к вирусам, фитофторозу, другим болезням. А. Ермишину и его коллегам удалось обнаружить очень интересное явление: при опылении аллотетраплоидных видов пыльной диплоидов культурного картофеля, наряду с ожидаемыми триплоидами, образуются фертильные диплоидные межвидовые гибриды, которые дальше можно скрещивать с диплоидами культурного картофеля. Обычно в такого типа скрещиваниях получают гибриды с более высокой, чем у родителей, пloidностью. В данном случае пloidность, наоборот, снижена. Это свойство – существенное преимущество, открывающее новые горизонты для более успешного проведения селекционного процесса. Сейчас исследователи тщательно изучают механизмы этого совершенно нового явления. В любом случае его практическое значение очевидно: появляется возможность значительно упростить вовлечение в селекцию ценного генофонда аллотетраплоидных диких видов картофеля.



▲ Сотрудники лаборатории генетики картофеля Института генетики и цитологии НАН Беларуси на одном из опытных участков

Таким образом, благодаря разработанным новым подходам, ученые лаборатории генетики картофеля Института генетики и цитологии НАН Беларуси могут сегодня получать гибриды, которые ранее никому не удавались. В частности, интрогрессированы от диких видов картофеля в селекционный материал новые эффективные гены устойчивости к болезням и вредителям. Эти обнаруженные белорусскими учеными до сих пор неизвестные мировой науке гены в будущем позволят выращивать более чистую в плане экологии продукцию за счет снижения химической обработки полей. Да и потери урожая станут значительно меньше. Понятно, что и качество белорусского картофеля тоже будет выше.

Осознанный выбор

Считается, что в традиционной селекции имеется целый ряд ограничений, не позволяющих ей эффективно использовать все существующее в природе многообразие генов. Генетическая же инженерия дает возможность в значительной мере обойти все естественные межвидовые репродуктивные и рекомбинационные барьеры и позволяет оперировать любыми генами, принадлежащими совершенно не родственным организмам или даже синтезированным

искусственно. Например, вводить в сорта растений определенные гены животных, бактерий, вирусов и даже человека. В то же время ученые утверждают, что генно-инженерные организмы отличаются от исходных генотипов весьма незначительно: к 20–30 тыс. существующих генов добавлен относительно небольшой фрагмент ДНК, в котором записана информация об одном или двух новых генах и их регуляторных элементах.

Первые генно-инженерные сорта сельскохозяйственных растений появились немногим более двух десятилетий. В настоящее время трансгенные сорта сельскохозяйственных культур, среди которых можно найти устойчивые к гербицидам, вирусам, насекомым-вредителям, с улучшенными качественными характеристиками (улучшенным составом белков, углеводов, растительного масла), занимают посевные площади, превышающие 180 млн га. Буквально за 13 лет, как просчитали эксперты, общая площадь «трансгенного клина» увеличилась в 100 раз. Генно-инженерные сорта сегодня выращивают в 28 государствах, среди которых бесспорным лидером остаются США: в 2012 году под трансгенными культурами там было занято 69,5 млн га. Следующими в рейтинге идут Бразилия (36,6 млн га), Аргентина (23,9 млн га), Канада (11,6 млн га), Индия (10,8 млн га) и т.д.

В последнее время активную приверженность к ГМО демонстрируют фермеры. Согласно статистике, в Индии на использование генетически модифицированных культур уже к 2011 году перешло 90 % фермерских хозяйств, в Китае – 100 %. Что вполне предсказуемо, ведь выращивание ГМО приносит финансовую прибыль и ощутимые социальные и экологические выгоды. Сокращение обработки полей пестицидами и отказ от вспашки уменьшают интенсивность эксплуатации сельскохозяйственной техники и соответственно расход топлива, выбросы углекислого газа в атмосферу.

В научном мире появляются все новые идеи применения ГМО. К слову, перспективной считают генетики идею использования трансгенных растений в качестве «биореакторов» для производства различных ценных для фармакопеи соединений, так называемых рекомбинантных протеинов. Определенных успехов здесь удалось

достичь японским исследователям: получить растения картофеля и табака со встроенным геном человеческого интерферона альфа, который применяют для лечения человека от гепатита С и некоторых форм рака. Преимущества таких «биофабрик» очевидны.

Впечатляет и еще одна инновационная разработка в области применения ГМО: создание на основе трансгенных растений съедобных вакцин для повышения устойчивости людей к опасным заболеваниям. Ученым удалось получить растения бананов, поедание плодов которых индуцирует образование антител к вирусам папилломы, которые могут вызывать у людей некоторые формы рака.

Впрочем, направления использования трансгенных растений могут быть и совершенно неожиданными. Предлагается, например, применять их для очистки почвы от загрязнения нефтью и тяжелыми металлами. Для этого в ГМ-растения встраивают соответствующие гены от микроорганизмов, способных утилизировать и деградировать эти вещества.

Казалось бы, какие значительные достижения и блестящие перспективы! Однако восприятие населением генетически модифицированных продуктов совсем неоднозначное. Демонстрации, пикеты, шумная пропагандистская кампания в прессе, уничтожение «приверженцами традиционного земледелия» посадок трансгенных культур, национальные референдумы о запрете генетической инженерии стали обычным делом во многих странах мира, особенно в Европе. Подливают масла в огонь и экологические организации во главе с Greenpeace, утверждающие, что повышенный контроль здесь просто необходим, ведь ГМО – это прямая угроза для жизни людей, а выращивание трансгенных растений пагубно для окружающей натуральной среды. «Пища Франкенштейна» – пишут они на своих транспарантах о продуктах ГМО.

– Ситуация, которая сложилась с восприятием ГМО, не исключение в истории человечества, – считает А. Ермишин. – Так было всегда: любые новые продукты – кофе, томаты, картофель, кукуруза – европейцы встречали, мягко говоря, с недоверием. Но для меня удивительно, что это случилось с ГМО. Когда в 1995 году я приехал в Каир на совещание по вопросам биобезопас-

ности, то долго не мог понять, какие же, собственно, риски для здоровья человека и окружающей среды могут быть связаны с трансгенными сортами растений. Моих знаний в генетике, без пяти минут доктора наук в этой области, для этого было недостаточно.

Действительно, для специалистов генетическая инженерия сельскохозяйственных растений – всего лишь новый эффективный метод селекции, позволяющий добавлять сорту отдельные гены, сохраняя при этом все имеющиеся его положительные характеристики. В традиционной селекции применяются и значительно более грубые способы вмешательства в наследственную структуру организма, например, радиационный или химический мутагенез.

– Позднее я ознакомился с многочисленными публикациями по биобезопасности, – продолжает вспоминать ученый. – Много лет работал в этой области знаний, приобрел определенный авторитет, в том числе и международный, читаю студентам лекции в университете. Тем не менее сохранилось ощущение, что вся эта шумиха вокруг ГМО – что-то искусственное, сильно пахнущее политикой, когда отдельные личности и общественные группы пытаются сколотить вполне осязаемый капитал на «популярной» проблеме. Научные данные и уже имеющийся опыт использования генетически модифицированных организмов свидетельствуют о том, что большинство рисков, которые связывают с ГМО, являются скорее гипотетическими, чем реальными. Взять, скажем, лекарства. Многие из них произведены с использованием трансгенных микроорганизмов – с помощью традиционных методов селекции их получить уже невозможно. Но почему-то по этому поводу мало кто переживает. Что же касается ГМО, допущенных к использованию в хозяйственной деятельности, то присоединяюсь к специалистам: они менее опасны, чем обычные сорта растений, поскольку прошли очень жесткую проверку на безопасность, которая последним и не снилась.

Факты упрямо свидетельствуют: на сегодняшний день большинство опасений относительно возможной угрозы ГМО здоровью человека и окружающей среде не подтвердилось. Однако история безопасного использования генно-инженерных



▲ Демонстрация против ГМО

организмов еще очень коротка. Поэтому, руководствуясь принципом предосторожности, в большинстве развитых стран применяют систему мероприятий, направленных на предотвращение или снижение до безопасного уровня неблагоприятных эффектов ГМО. Она получила название биобезопасность.

В генно-инженерной деятельности имеются два основных аспекта. Первый из них связан с разработкой и применением методов оценки и предупреждения риска возможных неблагоприятных эффектов ГМО, второй – с системой государственного и межгосударственного регулирования безопасности генно-инженерной деятельности. Развитие в Беларуси эффективной системы оценки безопасности ГМО для здоровья человека и окружающей среды доктор биологических наук А.П. Ермишин курировал, что называется, с первых шагов. Вначале – создание Национального координационного центра биобезопасности, подписание Картахенского протокола, к которому Беларусь присоединилась в первых рядах – 35-й в 2002 году. Кстати, в 2013 году протокол подписали уже 164 страны. Затем участие в разработке основных элементов законодательства Республики Беларусь в области безопасности генно-инженерной деятельности, которое было принято в 2006 году. И в дальнейшем – создание специальных аккредитованных лабораторий для оценки ГМО в продуктах.

► Доктор биологических наук, профессор А.П. Ермишин

В целом система биобезопасности включает целый ряд подходов и методов, применяемых начиная с этапа планирования предполагаемой генетической модификации и заканчивая получением свидетельства о государственной регистрации трансгенного сорта, дающей право использовать ГМО в хозяйственной деятельности. Сам факт, что какой-либо трансгенный сорт официально допущен к использованию, означает: создатели представили очень убедительные доказательства его безопасности для здоровья человека и окружающей среды.

Таким образом, вступившее в действие в 2006 году специальное законодательство Беларуси в области биобезопасности генно-инженерной деятельности, а также соответствующие акты действующего законодательства и международные договоры, к которым присоединилась наша страна, четко регламентируют вопросы биобезопасности – от создания генно-инженерных организмов до их официального допуска к использованию в хозяйственных целях. При этом предусмотрена многоступенчатая, с каждым этапом все более сложная и скрупулезная процедура испытаний генно-инженерных организмов на предмет безопасности. Например, постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 434 от 28 апреля 2005 года «О некоторых вопросах информирования потребителей о продовольственном сырье и пищевых продуктах» предусмотрено создание и аккредитация специальных лабораторий на проведение исследований ГМО. В 2010 году таких лабораторий в стране было 16. Также утвержден перечень сырья и продуктов, подлежащих контролю на наличие генетически модифицированных составляющих.

– Я бы сказал, что у нас в Беларуси контроль за продуктами ГМО тотальный, тогда как в странах ЕС – избирательный, – отметил Александр Ермишин. – Судите сами. Если в научных центрах Евросоюза проводилось порядка 100 анализов в год, то в лаборатории в Институте генетики и цитологии у нас в свое время количество анализов доходило до 3600. В 2005–2006 годах нами выявлялись где-то 1,5–2 % положительных результатов ГМО во ввозных продуктах, сегодня – доли процента. Большая часть из них приходится на трансгенную сою для нужд животноводства.



Несложно заметить: в белорусских магазинах нет отдельных полок для трансгенных продуктов. Да и маркировка «Содержит ГМО» тоже практически не используется. Зарубежным производителям не выгодно поставлять в нашу страну продукцию, которая, скорее всего, не будет востребована.

По словам профессора А.П. Ермишина, в целом контроль за содержанием ГМ-компонентов в продуктах питания – задача сложная и еще до конца не решенная. Безусловно, она требует вложения финансовых средств, а расходы, в конечном счете, оплачивает потребитель. Поэтому, считает ученый, надо дать людям право выбора, то есть возможность самим решать, на что лучше потратить заработанные деньги: на бирки для генетически модифицированных организмов или, скажем, на закупку дефицитных лекарств.

Прогресс не остановить. Никто не будет отрицать, что инженерия на уровне гена не только служит альтернативой традиционной селекции, но и открывает немислимые ранее возможности направленной модификации генетического материала. Разумеется, риски надо учитывать. Как и строить грамотную систему биобезопасности. Но нельзя также сбрасывать со счетов тот факт, что развитие этой революционной технологии может в значительной мере содействовать решению мировых проблем, касающихся, в первую очередь, насущных потребностей человечества в продуктах питания, эффективного ведения сельского хозяйства и совершенствования здравоохранения.

Снежана МИХАЙЛОВСКАЯ