**кандидат биологических наук В. Лебедев
Миф о трансгенной угрозе**

*Писать про генетически модифицированные растения сегодня модно, как раньше было модно бороться с пестицидами и нитратами. Кто-то пишет, что эти растения — порождение биологического оружия, кто-то — что экспериментальные мутации опасны для здоровья человека. Ситуация с отношением общества к генетически модифицированным растениям усугубляется ещё и невысокой образованностью населения в области биологии: одно слово „трансгенный“ вызывает страх. По этому поводу среди учёных-биотехнологов бытует анекдот: „Люди думают, что трансгенная пища вредна тем, что в ней есть гены, а зато в обычных продуктах никаких генов нет“.*

*Эта статья не агитирует за употребление в пищу трансгенных продуктов или за приобретение трансгенных сортов, если они всё же появятся в продаже. Пусть этот вопрос решают производители сельскохозяйственной продукции, взвешивая плюсы и минусы новой технологии. Это — небольшой ликбез, чтобы население представляло себе, что такое трансгенные растения и продукты из них, могут ли они быть опасными или нет, и не шарахалось в сторону от упаковок в супермаркете, на которых стоит пометка „содержит генетически модифицированные компоненты“. Зачем нужна генетическая инженерия растений*

Всю историю сельского хозяйства (около 10 000 лет) человек для своей пользы улучшал животных и растения. Вначале селекция была основана на явлении естественной генетической изменчивости, позже люди научились искусственно создавать комбинативную изменчивость (гибридизация), а в последние десятилетия — и мутационную (мутагенез). Принцип селекции всегда оставался неизменным — отбор ценных генотипов. Результат известен — современные виды капусты совершенно непохожи на своих далёких предков, а початки кукурузы сегодня примерно в 10 раз больше тех, что выращивались 5 тысяч лет назад. К сожалению, кпд селекции очень низок — из тысяч и десятков тысяч исходных растений селекционер выводит всего один-два сорта.

Чем же отличается генная инженерия растений (ГМР) от обычной селекции? При селекции перенос генов осуществляется только между близкородственными растениями, генная инженерия же позволяет перенести в растение гены из любого организма. Для чего это делается? Растения с „чужими“ генами приобретают устойчивость к гербицидам, вредителям и патогенам, их плоды способны долго храниться при комнатной температуре, имеют повышенную питательную ценность или другой вкус, и, наконец, они способны синтезировать новые вещества — начиная от лекарств и заканчивая пластиком.

Направленной генетической модификации (трансформации) можно подвергать не только растения, а любые живые организмы. Первые трансгенные микроорганизмы были получены в начале 70-х, а первые трансгенные сельскохозяйственные растения и животные появились значительно позже — в середине 80-х. Трансгенные микроорганизмы, к примеру, широко используются в фармацевтической и пищевой промышленности. Такие препараты, как инсулин, интерферон, интерлейкин, в основном получают генно-инженерным способом. Сегодня с применением методов генной инженерии выпускается около 25% всех лекарств в мире. Некоторые генетически модифицированные микробы эффективно перерабатывают промышленные отходы. Трансгенные животные чаще всего используются в качестве биореакторов — продуцентов нужных белков, в основном лекарственных препаратов или ферментов для пищевой промышленности. Например, в России выведена порода овец, вырабатывающих вместе с молоком и фермент, необходимый в производстве сыра. В ближайшей перспективе — использование трансгенных животных в качестве моделей для изучения наследственных заболеваний человека, а также в качестве источников органов и тканей для трансплантологии.

|  |
| --- |
| http://wsyachina.narod.ru/biology/genetic_modify/14.jpg*Результаты обработки саженцев груши различными концентрациями гербицида: четыре слева — растения с геном устойчивости к гербицидам, справа — обычные растения, не выдержавшие обработки.* |

Но вернёмся к трансгенным растениям. Современные гербициды значительно эффективнее и экологически безопаснее своих предшественников, но они действуют на всю растительность подряд, не разбираясь, где культурные растения, а где сорняки, поэтому ранее в основном использовались до высадки растений или после уборки урожая. С появлением технологии генетической трансформации стало возможным встраивать в растения гены, которые делают их нечувствительными к таким гербицидам. Таким образом, после обработки гербицидом сорняки гибнут, а трансгенные культуры — нет.

Для придания устойчивости к вредителям чаще всего используется ген Bt-токсина, выделенный из бактерии *Bacillus thuringiensis*. Препараты этой бактерии уже около 50 лет применяются в сельском хозяйстве в качестве безопасного для людей и животных биоинсектицида, но они быстро теряют активность, и поэтому их доля в мировом производстве инсектицидов составляет менее 2%. Токсин бактерии поражает кишечник вредителей, питающихся растениями, причём с очень высокой специфичностью. При встраивании гена растение начинает вырабатывать токсин самостоятельно. А значит, отпадает необходимость обработки культур опасными химическими инсектицидами.

|  |
| --- |
| http://wsyachina.narod.ru/biology/genetic_modify/1.jpg*Площади (в млн га), занимаемые трансгенными культурами во всём мире.* |

В 2002 году 75% всех выращиваемых трансгенных растений содержали ген устойчивости к гербицидам, 17% — ген устойчивости к вредителям и почти 8% — по два гена устойчивости. Но сегодня приоритеты в создании растений, обладающих теми или иными признаками, изменились. Если в 90-е годы в основном работали над растениями, обладающими полезными свойствами для их выращивания, — именно они сейчас и возделываются на полях, — то в настоящее время основной упор делается на улучшение потребительских свойств. По прогнозам, такие улучшенные культуры сменят растения, синтезирующие медикаменты, а их, в свою очередь, — растения-продуценты специфических химических соединений.

|  |
| --- |
| http://wsyachina.narod.ru/biology/genetic_modify/2.jpg*Общая площадь насаждений (в млн га) в 2002 году и доля в ней трансгенных растений.* |

Генная инженерия растений развивается очень быстрыми темпами. Первое трансгенное, или генетически модифицированное, растение (ГМР) было получено в 1984 году, а через два года в США и во Франции уже проводились полевые испытания. Площади, занятые трансгенными растениями, стремительно возрастают: с 1,7 млн га в 1996 году, когда началось их возделывание в коммерческих масштабах, до 58,7 млн га в 2002 году, что составляло около 4,5% от всех пахотных площадей в мире. Причём 99% этой площади занимают четыре культуры: соя, хлопок, кукуруза и рапс. По этим растениям картина ещё более впечатляющая — в среднем 22% их насаждений занимают трансгенные сорта. В 2002 году в США около 75% хлопка и cои, в Аргентине — 99% сои, в Канаде — 65% рапса, в Китае — 51% хлопка были трансгенными.

**Генетически модифицированные растения. Кто против и почему?**

Вместе с ростом площадей, занятых ГМР, также набирало силу и движение протеста против этих растений и транснациональных корпораций, предлагающих их. Как правило, организации, выступающие за запрет трансгенных растений, действуют весьма эмоционально, не прислушиваясь ни к каким разумным доводам, имеют соответствующие громкие названия, в которых на все лады обыгрываются слова „биобезопасность“ и „экология“. Мир тоже, как и следовало ожидать, в отношении ГМР разделился на две части. За: мировой лидер в этой технологии — США и крупнейшие экспортёры сельскохозяйственной продукции — Канада, Аргентина, Австралия и другие; против: отсталые страны с экстенсивным земледелием и, как ни странно, Европа.

|  |
| --- |
| http://wsyachina.narod.ru/biology/genetic_modify/3.jpg*Демонстрация противников генетически модифицированных растений в Лондоне.* |

Сопротивление Европы — один из главных козырей противников ГМР: дескать, европейцы не глупее американцев, а не хотят ни выращивать, ни даже закупать генетически модифицированную продукцию, значит, дело нечисто. В действительности тому есть экономические и политические причины. Первая, но не главная: в настоящее время 95% всех посевов ГМР — это нетипичные для Европы соя, кукуруза и хлопок. В Европе площади, засеянные этими (нетрансгенными) культурами, составляют всего лишь от 0,5% (соя) до 3% (кукуруза) от мировых площадей. Основная же причина в другом. Сельское хозяйство в Европе доведено до совершенства, что привело к кризису перепроизводства: за превышение квот штрафуют, за сокращение площадей доплачивают. Зачем же европейцам нужны более продуктивные ГМР? Совершенство сельского хозяйства в Европе далось европейским государствам в буквальном смысле дорогой ценой: себестоимость европейской аграрной продукции намного выше мировой, а на дотации фермерам уходит около половины всего бюджета Евросоюза. Страны ЕС проводят единую протекционистскую сельскохозяйственную политику, которая давно стала объектом международной критики, особенно стран — экспортёров продовольствия, то есть как раз тех, что приняли генетически модифицированные (ГМ) культуры.

|  |
| --- |
| http://wsyachina.narod.ru/biology/genetic_modify/7.jpg*Томатное пюре — первый генетически модифицированный пищевой продукт, появившийся в Европе в продаже (в 1996 году).* |

Запрет же на ввоз ГМР европейцы объясняют соображениями биологической безопасности, но страны-экспортёры, в основном США, заявляют, что это только повод для закрытия своих рынков. Представьте, что выращенные в странах третьего мира с благодатным климатом и дешёвой рабочей силой трансгенные томаты, способные при обычной температуре храниться 2–3 месяца, самым дешёвым морским путём повезут в Европу. Что тогда делать фермерам Италии и Испании, где выращивают 70% всех томатов, производимых в странах ЕС? Сельскохозяйственное лобби в Европе очень сильно, фермеры прекрасно организованы, и потому последствия нетрудно представить. Вот по этим причинам ГМР не пускают в Европу, а совсем не из-за „сознательности“ европейцев или опасности трансгенных продуктов питания. Кстати, в „долгоиграющие“ помидоры не пересаживают гены животных, впадающих в спячку, как пишут некоторые журналисты. В них всего лишь встроен собственный „помидорный“ ген, блокирующий синтез фермента, ответственного за созревание плодов. Никаких новых „непомидорных“ белков при этом не образуется.

Таким образом, анти-ГМР кампания в Европе имеет чисто экономическую подоплёку. И весь шум в печати, акции „зелёных“, скорее всего, оплачиваются конкурентами производителей ГМР (возможно, „зелёные“ даже не осознают этого). Понятно, почему „зелёные“ совсем не протестуют против использования генной инженерии в фармацевтике, предпочитая „генно-инженерный“ человеческий инсулин, полученный с помощью ГМ-микроорганизмов, „естественному“ свиному.

|  |
| --- |
| http://wsyachina.narod.ru/biology/genetic_modify/4.jpg*Соя — древнейшее культурное растение семейства бобовых. Возделывать её начали в Китае, откуда соя попала в другие азиатские страны. В Европе она не прижилась, а в Америке распространена очень широко. Сегодня почти половина мировых посевов сои сосредоточено в США. Популярность продуктов из сои, соевого масла с каждым годом растёт. Соя — самое „трансгенное“ растение в мире. В США около 75% её посевных площадей засеяны генетически модифицированными сортами, а, например, в Аргентине они составляют 99%!* |

Между прочим, Европа все последние годы всё же закупает трансгенную сою (в качестве кормового белка), так как из-за эпизоотии „коровьего бешенства“ от традиционно используемой мясо-костной муки фермерам поневоле пришлось отказаться. Более того, мало кто знает, что совсем недавно — в июле этого года — в странах ЕС закончился четырёхлетний мораторий на лицензирование новых сортов трансгенных растений. В преддверии этого события в последние 2–3 года в Европе резко возросла интенсивность исследований в области создания новых ГМР, которые весьма дорогостоящи и невозможны без правительственной поддержки. Так что в ближайшее время в Европе следует ожидать появления новых ГМ-продуктов.

Россия же, как всегда, идёт своим путем. С одной стороны, появление ГМР у нас в стране должно только приветствоваться. Колорадский жук съедает треть урожая картошки, потери от других вредителей, болезней и сорняков тоже очень велики, а широко применяемые ядохимикаты вредны для здоровья, дороги да и используются зачастую неэффективно. С другой стороны, закон, позволяющий выращивать трансгенные растения, до сих пор не принят. А вот разрабатывать новые трансгенные сорта и закупать генетически модифицированную продукцию разрешено. В Россию ввозят трансгенную сою и кукурузу для использования в пищу или на корм животным, но… выращивать их нельзя.

|  |
| --- |
| http://wsyachina.narod.ru/biology/genetic_modify/11.jpghttp://wsyachina.narod.ru/biology/genetic_modify/12.jpg*Генетически модифицированные растения стали благодатной почвой для множества „страшилок“, активно тиражируемых европейскими и американскими СМИ: плод необузданной фантазии художника — очаровательная „апельсинолягушка“. Агрессивная трансгенная суперкукуруза, по мнению карикатуриста, способна смести на своём пути всё — даже неприступную крепость (правый рисунок).* |

Средства массовой информации в разных странах также ведут себя по-разному. В отличие от Европы и нашей страны в США дебаты на страницах газет и журналов в основном ведутся не против трансгенных растений и гм-продуктов как таковых, а против недобросовестной деятельности отдельных компаний, пытающихся обойти установленные требования к ГМР. Но в целом и американские и европейские СМИ активно формируют негативное отношение в обществе к трансгенным растениям. Статьи о них часто грешат невежеством в области биологии. Даже такие газеты, как „New York Times“ и лондонская „Times“ (не говоря уже о менее респектабельных), в период с 1997 по 2000 год в статьях о ГМР в среднем только в 12% сообщений основывались на результатах научных исследований. С другой стороны, СМИ всё чаще и чаще в качестве источников информации используют мнения различных экологических общественных организаций. Вот потому-то с лёгкой руки журналистов общественность узнала о „пище Франкенштейна“, „продуктовом Чернобыле“, „огородном джинне, который вырывается из бутылки“. На полном серьёзе печатают сообщения о трансгенных деревьях, подобно пушкинскому анчару выделяющих токсины и уничтожающих вокруг всё живое; суперсорняках, не боящихся ни гербицидов, ни жары, ни холода, а в качестве экспертов в таких статьях выступают члены или руководители всевозможных экологических академий, фондов и союзов, а не специалисты-биотехнологи. Воистину, чем неправдоподобнее выдумка, тем быстрее в неё поверят. С надрывом сообщается о создании невозможных ранее форм жизни, например „рыбопомидора“ (помидора с одним геном рыбы), — он почему-то особенно полюбился журналистам. Имеют ли подобные „страшилки“ под собой научную основу? Попробуем разобраться.

**Генная инженерия растений и селекция — хрен слаще редьки**

Биотехнологов обвиняют в насилии над природой, так как они в отличие от обычных селекционеров пересаживают гены откуда угодно и куда угодно, что может привести к непредсказуемым последствиям. Некоторые непредсказуемые (вторичные) эффекты встраивания чужого гена в геном растения возможны. Но они в равной степени присущи и обычной селекции. И ГМР, и селекция переносят новый генетический материал, который может вызвать нарушение работы генов, их модификацию, выключение или активацию, что способно привести к выработке каких-то новых белков или изменению уровня существующих. Новые продукты жизнедеятельности клетки, в принципе, могут быть и токсичными, и аллергенными, и канцерогенными.

Примером появления непредсказуемых эффектов в обычной селекции служит история с гибридом кукурузы „Техас“. В начале 70-х огромные посевные площади этой культуры в США были опустошены грибковым заболеванием. Выяснилось, что продукт гена, специфичного для данного гибрида, взаимодействовал с токсином гриба, что в результате приводило к развитию заболевания.

Итак, ГМР по возможным последствиям не опаснее обычной селекции. Мало того, иногда селекция приводит к гораздо более существенным нарушениям в геноме растения, чем направленная генетическая модификация. С 30-х годов ХХ века для целей селекции человек использует радиацию и химикалии, вызывая мутагенез. К настоящему времени известно около 2200 сортов различных культур, полученных таким способом. Очевидно, что в отличие от ГМР такое грубое вмешательство затрагивает не один ген и имеет непредсказуемые последствия.

Опаснее ГМР может быть даже обычное скрещивание. К примеру, латинские буквы (Т, N, V, F) на упаковках семян томатов означают устойчивость к различным заболеваниям, полученную путём скрещивания с несъедобным для человека диким томатом. Помидоры, устойчивые к нематоде, содержат встроенный из генома его дикого сородича N сегмент (3,5 млн нуклеотидных пар), что составляет 0,3% от всей ДНК томата (для сравнения: ген устойчивости в трансгенных растениях имеет всего около 7 тысяч пар нуклеотидов). Таким образом, обычное скрещивание помимо нужного гена внедряет в растение несколько десятков лишних неизвестных генов. А гены из несъедобного растения вполне могут кодировать токсины, аллергены и другие вредные для человека вещества. И вот парадокс: томат, в который методами генной инженерии перенесли один-единственный известный и проверенный ген, будут тщательно изучать и регулировать его распространение, а томат, в который обычной селекцией перенесли десятки неизвестных генов, по международным правилам не требует никакого контроля и изучения.

ГМР не может быть „безопаснее“, чем биология вообще, но и непредсказуемые эффекты для неё также не более вероятны. Человек в своём отборе часто использует признаки ненормальные и ненужные в природе для своих целей. Поэтому культурные растения способны существовать только с его помощью, а предоставленные самим себе дичают или подавляются сорняками. Так что не стоит обвинять создателей генетически модифицированных растений в насилии над природой. Разве создание нежизнеспособных в дикой природе организмов путём обычной селекции не насилие?

**Безопасность генетически модифицированных продуктов питания**

Человек всегда употреблял в пищу растения и мясо животных, но у него не выросли ни листья, ни хвост — в организме все белковые молекулы и ДНК (гены) распадаются до структурных единиц, аминокислот и нуклеотидов, одинаковых у всего живого. Истории о том, что ГМ-продукты являются причиной раковых заболеваний, инфекций, СПИДа и др., всегда основаны на слухах: кто-то съел трансгенный продукт и после этого заболел. О латинской поговорке „Post hoc, nоn est propter hoc“ (после этого — не значит из-за этого) и о притче, где некий врач на таких же основаниях сделал вывод: „Ветчина помогает от горячки портным, но не сапожникам“ авторы таких изысканий, по-видимому, не слышали. Реальное же положение вещей таково: за почти двадцатилетнюю историю создания ГМР в научной литературе не было опубликовано ни одного достоверного сообщения о каком-либо негативном воздействии генетически модифицированных продуктов на организм человека.

Но, как мы уже говорили выше, принципиальная возможность появления веществ, опасных для человека, при трансгенной модификации растений существует. Поэтому самое главное опасение оппонентов ГМР — биологическая безопасность продуктов питания. В качестве примера токсичности ГМ-пищи обычно приводят работу британского ученого Арпада Пустаи, который занимался изучением токсичности картофеля с геном лектина подснежника, встроенного для придания устойчивости к вредным насекомым. 10 августа 1998 года исследователь, выступая в телевизионной программе, заявил, что у крыс, питавшихся трансгенным картофелем, наблюдались отклонения в росте, а также подавление иммунной системы. Он также поведал телезрителям, что трансгенная пища опасна для здоровья в принципе. Вскоре Пустаи был уволен: по версии руководства — за „распространение заведомо ложной псевдонаучной информации“, по версии противников ГМР — под давлением биотехнологических компаний.

В феврале 1999 года группа из 22 учёных выступила с меморандумом в поддержку Пустаи, а в июне Британское Королевское общество опубликовало заключение шести экспертов, проверявших результаты его исследований. В нём говорилось, что из-за недостатков в планировании и выполнении экспериментов просто невозможно определить причину наблюдаемых изменений, а влияние на иммунную систему статистически недостоверно. Но даже если бы результаты подкрепили сделанные заявления, то для обобщений об опасности всех генетически модифицированных продуктов не было никаких оснований.

Научное сообщество вопрошало, когда же Пустаи опубликует свои результаты, ведь выступление в телепрограмме — это одно, а статья в научном журнале — совсем другое: ей предшествуют две-три положительные рецензии специалистов в данной области. В октябре 1999 года на публикацию решился престижный британский медицинский журнал „Lancet“. От громких заявлений в cтатье осталось только сообщение о некоторых изменениях в слизистой желудочно-кишечного тракта крыс. В том же номере в статье критиков указывалось, что подобные изменения вполне могли быть вызваны адаптацией к картофельной диете, нетипичной для этих животных, поскольку контроль состояния слизистой у крыс, питавшихся обычным образом, отсутствовал.

Помимо токсичности некоторые эксперты опасаются, что гены устойчивости к антибиотикам, используемые в технологии генетической модификации растений, могут перейти из ГМР в патогенные бактерии, которые приобретут устойчивость к препаратам, и лечение антибиотиками станет неэффективным. Но ведь все эти гены и выделены из генома бактерий, поскольку устойчивость к антибактериальным веществам широко распространена в природе. Устойчивость часто появляется в результате неправильного или избыточного использования антибиотиков. Тем не менее аспектом переноса генов устойчивости от растений в бактерии, живущие в желудочно-кишечном тракте человека, занимались ряд международных организаций, в том числе и Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ). Они пришли к выводу, что такой перенос маловероятен из-за сложности соответствующих этапов. Пока случаи спонтанного переноса генов устойчивости из ГМР в клетки бактерий или млекопитающих неизвестны. В 2000 году эксперты Продовольственной организации ООН и ВОЗ сделали заключение, что гены устойчивости, используемые в настоящее время в ГМР, не представляют угрозы для терапевтического использования антибиотиков. Тем не менее для исключения даже гипотетической возможности переноса генов разработан ряд технологий, позволяющих обойтись без генов устойчивости к антибиотикам, удаляющих эти гены после трансформации или „запрещающих“ этим генам „работать“ в бактериях.

Возможная аллергенность ГМ-пищи также вызывает обеспокоенность её противников. Пищевая аллергия — это побочная реакция на пищу, затрагивающая систему иммунитета, ею страдает до 8–10% детей и 1–2% взрослых. Теоретически каждый белок может действовать как аллерген. Наиболее распространёнными аллергенами являются молоко, яйца, рыба, соя, арахис, орехи и пшеница. В качестве доказательств аллергенности ГМ-продуктов оппоненты ГМР обычно ссылаются на скандалы, связанные с трансгенной соей и кукурузой.

Соя, широко используемая в кормах для животных, как и остальные бобовые, относительно бедна незаменимой аминокислотой — метионином, поэтому для сбалансированного питания требуется добавлять в неё метионин или содержащий его белок. Попытки повысить содержание метионина путём обычной селекции успеха не имели, поэтому на помощь пришла генная инженерия. Семена бертолетии высокой („бразильские орехи“), по вкусу напоминающие кедровые орехи, содержат богатый метионином белок. Они широко используются в пищевой промышленности. К сожалению, подобно настоящим орехам, они способны вызывать аллергию. Ген из бертолетии перенесли в геном сои, и оказалось, что некоторые люди проявляют повышенную чувствительность к сое, модифицированной таким образом. Но в этой аллергической реакции не было ничего удивительного, поскольку те же самые люди реагировали и на бразильские орехи. Именно метионинсодержащий белок бразильского ореха является его основным аллергеном. И хотя эта соя предназначалась только для животных, производитель („Pioneer Hi-Bred“), опасаясь, что она может быть смешана с продовольственной, перестраховался и разработку трансгенной сои прекратил.

Противники ГМ-пищи не преминули поднять по этому поводу шум: дескать, природа не простила насилия над собой и ответила созданием сильного аллергена. Позвольте, но при чем здесь генная инженерия? Этот белок является аллергеном сам по себе, и от добавления его в торт в составе орехов, переноса его гена методами генной инженерии или выделения в чистом виде и добавления в корм животным его аллергенность не изменится.

Скандал же, вызванный Bt-кукурузой, устойчивой к вредителям , случился в сентябре 2000 года. Тогда СМИ США сообщили о том, что трансгенный сорт кукурузы „Starlink“, предназначенный для животных, случайно попал в продовольственное зерно и является сильным аллергеном. После этого сразу же посыпались сообщения о якобы наблюдавшихся аллергических реакциях у покупателей продуктов из кукурузы (до публикаций общественность молчала). Проверка ни у кого из жалобщиков аллергии на Вt-белок не обнаружила (кстати, и все ранее проведённые тесты на аллергенность этой кукурузы дали отрицательный результат). Но даже если бы жалобы подтвердились — эта кукуруза всё равно изначально для людей не предназначалась. Биотехнологи не могут отвечать за недобросовестность компаний, использовавших корм для животных в пищу людям. Разве разработчиков производства технического спирта обвиняют в отравлениях, если его продавали под видом пищевого?

Другой аргумент: участившиеся случаи аллергии к сое вызваны якобы тем, что всё большая её часть становится трансгенной. При этом забывается, что соя задолго до появления ГМР считалась в Японии основным аллергеном (наряду с рисом), так же как арахис в США, а треска в Скандинавии, что связано с широким употреблением этих продуктов в пищу в данных странах. Всё более широкое использование сои в качестве добавок в самые различные пищевые продукты увеличивает количество её потребителей, а с ним растет и число людей, чувствительных к сое. Увеличение потребления арахиса в мире наверняка приведёт к увеличению числа аллергиков к нему, но генная инженерия тут ни при чём.

В принципе же, поскольку ГМР меняет белковый состав растений — вводит новые белки, модифицирует существующие или изменяет их количество, то аллергенность растения после генетической трансформации также может измениться. Именно поэтому ГМР тщательнейшим образом и в обязательном порядке проверяют на аллергенность.

Большинство учёных считают, что риск возникновения аллергии намного больше от новых продуктов питания, которые никто не проверяет на аллергенность, нежели от всесторонне изученных ГМ-продуктов. Поедая ГМ-пищу, вы потребляете один-два новых белка, а с новым продуктом вы получаете сотни новых белков. Появление киви в широкой продаже привело к появлению аллергиков на этот фрукт (аналогично сое). И уже потом было установлено, что плоды данного растения содержат несколько аллергенных белков. Если бы киви впервые поступило на рынок сегодня, по существующим правилам его могли бы рассматривать как новый продукт, тестировать на аллергенность, и, возможно, киви так никогда и не попало бы в продажу.

Перед производителями встал вопрос об оценке степени безопасности ГМ-продуктов питания. Вообще-то методы оценки безопасности пищи, которая представляет собой очень сложную смесь множества различных веществ, и её тестирование на животных сложны и неоднозначны. Количество скармливаемой пищи ограничено эффектом насыщения, а сама она может не подходить тем или иным животным, вызывая ряд вредных эффектов (это, скорее всего, и произошло в опытах Пустаи). Поэтому безопасность большинства ныне существующих продуктов обосновывается не экспериментально, а по так называемой „истории безопасного использования“. Сорта же, полученные обычной селекцией, оценивают всего лишь органолептически (на вкус и аромат), очень редко проводятся химические анализы — например, новые сорта картофеля проверяют на содержание соланина.

Сложность оценки риска потребовала нового подхода к оценке безопасности генетически модифицированных продуктов, и в 1993 году Организация экономического сотрудничества и развития (OECD) сформулировала концепцию „эквивалентности по существу“ (substantial equivalence). Её смысл — в определении не абсолютной безопасности генетически модифицированного продукта (на чём настаивают противники ГМ-пищи и что невозможно в принципе), а относительной — за исходный уровень безопасности принимается традиционный аналог ГМ-продукта. Вначале проводится идентификация различий, на которых затем сосредотачивается оценка безопасности.

|  |
| --- |
| http://wsyachina.narod.ru/biology/genetic_modify/5.jpg*Этикетка на продуктах, содержащих трансгенную сою.* |

Все ГМ-культуры, допущенные к использованию, были идентичны аналогам, за исключением одного-двух новых белков, соответствующих встроенным генам. Эти белки анализируют на токсичность и аллергенность, а также оценивают возможные вторичные эффекты. Концепция „эквивалентности по существу“ принята во всём мире, в том числе и в странах ЕС. В ней указывается, что в качестве аналогов могут использоваться и ранее принятые ГМ-культуры. Она подвергается сильной критике со стороны экологических общественных организаций, обвиняющих её в подгонке под требования производителей и заявляющих, что в ней не оцениваются долговременные эффекты употребления ГМ-продуктов. В ответ на это эксперты таких организаций, как ВОЗ, заявляют, что о возможных долговременных эффектах любой пищи известно крайне мало и что идентификация таковых очень сложна, если вообще возможна, на высоком фоне нежелательных эффектов обычной пищи. Действительно, что нам известно о долговременных эффектах употребления картофеля в России, где его едят всего 250 лет, или томатов, которые выращивают у нас не более 200 лет? А уж о бананах и прочих тропических фруктах, которые в широкой продаже у нас не более десятка лет, и упоминать не стоит.

|  |
| --- |
| http://wsyachina.narod.ru/biology/genetic_modify/6.jpg*Маркировки, обозначающие отсутствие генетически модифицированных компонентов в продукте.* |

Много споров ведется и по маркировке генетически модифицированных продуктов. В США, где уже в 1999 году 60% всех продуктов в обычном супермаркете содержали генетически модифицированные компоненты, маркировка — дело добровольное, а в странах ЕС она обязательна, если их содержание в продукте превышает 1%. Вообще-то маркировка не имеет отношения к безопасности: если продукт допущен к продаже, то он уже признан безопасным. Настоящая её цель — дать информацию для выбора между товарами с различными характеристиками. Маркировка генетически модифицированных продуктов, не отличающихся от обычных, — это уже излишне: никому ведь не интересно, картофель каких сортов пошел на изготовление чипсов. Имеет смысл сообщать только о содержании потенциально аллергенных белков (как про молочный и яичный белки на упаковке обычного майонеза).

**Генетически модифицированные растения и экология**

Теоретически генетически модифицированные растения (ГМР) не могут не влиять на экологию нашей планеты. Прежде всего, нельзя исключить возможность того, что ГМР или технологии их выращивания будут нежелательно воздействовать на те организмы, на которые никакого влияния не предполагалось вовсе. Главной мишенью для критики экологической безопасности ГМР стали так называемые растения-пестициды, которые в результате генетической трансформации продуцируют токсичные вещества, уничтожающие тех или иных вредителей. Наиболее правомерно оценивать не абсолютный вред таких культур, а относительный — сравнить его с побочными эффектами применения ядохимикатов.

Преимущество белковых токсинов, продуцируемых ГМР, перед синтетическими пестицидами очевидно: большие и нестойкие молекулы белков не накапливаются в природе — быстро распадаются до аминокислот; кроме того, они более специфичны, то есть уничтожают только определённых вредителей (бактерии, грибы, насекомые). Маленькие же молекулы пестицидов чаще поражают ни в чём не повинные организмы и из-за высокой химической стабильности могут проходить по пищевым цепям и накапливаться на их вершине. В общем, растениям-пестицидам по своей ядовитости далеко до ДДТ.

|  |
| --- |
| http://wsyachina.narod.ru/biology/genetic_modify/10.jpg*Бабочка-монарх — символ движения противников генетически модифицированных растений. В 1999 году в научной печати появилось сообщение, что смертность личинок этого насекомого возрастает, если они питаются листьями трансгенной кукурузы. Однако в 2001 году Верховный суд США опроверг этот факт. Оказалось, что пыльца трансгенной кукурузы для личинок не опасна. А вот от инсектицидов они действительно погибают.* |

Преимущество ГМР перед ядохимикатами было со всей очевидностью доказано в „конфликте“ бабочки-монарха и Вt-кукурузы. Бабочка-монарх *(Danaus plexippus)* привлекает всех любителей природы своей красотой. Учёные-энтомологи тоже любят её за уникальное свойство — ежегодно по пути из Канады в Мексику монархи преодолевают около 4000 км. Никакая другая бабочка на такое не способна. Вt-кукуруза содержит ген Вt-токсина (о нём упоминалось ранее), встроенного в ДНК кукурузы для борьбы с кукурузным мотыльком, уничтожающим до 7% урожая кукурузы в мире (40 млн тонн). Агентство по охране окружающей среды США проверяло эту кукурузу и признало её нетоксичной для всех организмов, кроме мотылька-вредителя.

Но в мае 1999 года в журнале „Nature“ появилось короткое сообщение, что смертность личинок бабочки-монарха, питающихся листьями с пыльцой Вt-кукурузы, намного выше нормы. Авторы сделали вывод, что широкое распространение Bt-кукурузы приведёт к исчезновению бабочки-монарха. СМИ быстро подхватили сенсацию, последствия были грандиозными: 10%-ное падение акций концерна „Мonsanto“ (одного из главных производителей Bt-кукурузы), запрет на Bt-кукурузу в Европе и мораторий на её дальнейшее выращивание в США. Монарх же стал символом движения за запрет ГМР. Газеты пестрели лозунгами типа: „Даже бабочек тошнит от генетически модифицированной пищи“.

Учёные же начали широкомасштабное исследование этого вопроса. В сентябре 2001 года Национальная академия наук США обнародовала результаты двухлетних исследований ряда университетов США и Канады, проведённых под эгидой Министерства сельского хозяйства США. Заключение гласило, что пыльца Вt-кукурузы не опасна для личинок бабочки-монарха. А вот от широко применяемого на кукурузных полях цихалотрин-l-инсектицида численность их действительно сокращается.

Гринпис подал судебный иск, но Верховный суд США постановил, что у полезных насекомых больше шансов выжить на Bt-растениях, нежели когда поля обрабатываются пестицидами. Количество же применяемых инсектицидов в мире только из-за выращивания Вt-хлопка сократилось на 33 тысячи тонн. А всего в 2001 году в США выращивание трансгенных растений, устойчивых к гербицидам и насекомым, позволило уменьшить использование ядохимикатов на 20,7 тысячи тонн. Всё это положительно сказывается как на окружающей среде, так и на здоровье фермеров, а также улучшает биоразнообразие на полях.

Ещё одной потенциальной угрозой биоразнообразию считают утечку генов из трансгенных растений — горизонтальную (в микроорганизмы) и вертикальную (в растения). Горизонтальный перенос генов (то есть вне системы родитель — потомство) уже упоминался ранее (перенос в патогенные бактерии). Теоретические модели и эксперименты показывают, что перенос ДНК из ГМР в микроорганизмы случается, если вообще имеет место, с очень маленькой вероятностью. Если бы это на самом деле происходило так быстро и просто, как считают оппоненты генной инженерии растений, то за миллионы лет эволюции гены всех организмов совершенно перемешались бы. В действительности же на сегодняшний день известно всего несколько случаев горизонтального переноса из растений в бактерии, и самый последний имел место более 10 млн лет назад.

Вертикальной утечкой генов называется перенос ДНК от родительского растения его потомкам. Этот перенос осуществляется через пыльцу при переопылении культурных растений (любых, не только трансгенных) с близкородственными культурными, сорными или дикорастущими видами. Такая утечка из сельскохозяйственных культур происходит постоянно, а началась она, когда человек занялся селекцией. Этот процесс идёт и в обратном направлении, что, как правило, ухудшает свойства культурных растений. Какая же угроза может произойти от вертикальной утечки трансгенов?

Пищевая безопасность человечества под угрозой — с такими заявлениями выступили представители экологических организаций после появления в ноябре 2001 года в одном из самых респектабельных научных журналов мира „Nature“ статьи о том, что в мексиканской провинции — колыбели кукурузы в полудиких местных сортах — обнаружены фрагменты трансгенной ДНК, разбросанные по геному немодифицированной кукурузы.

Бурной была реакция и экологических организаций, и научного сообщества. Заметим, никто из учёных не подверг сомнению саму возможность переноса трансгенов в дикую кукурузу, а это так обеспокоило противников ГМР. Напротив, многие высказали удивление, что такой солидный журнал опубликовал статью, в которой, по сути, не содержалось ничего нового, так как возможность переноса трансгенов в близкородственные виды путём переопыления доказана уже давно. Непонятно только, почему по геному были рассеяны фрагменты трансгена, ведь при переопылении происходит встраивание гена целиком, и нет ли здесь какой-нибудь технической ошибки?

В ответ на публикацию в „Nature“ Международный центр по изучению кукурузы и пшеницы (CIMMYT), расположенный в Мексике, в течение года проверил более 300 так называемых „фермерских сортов“ кукурузы и ни в одном из них трансгенную ДНК не обнаружил. История закончилась тем, что в апреле 2002 года „Nature“ опубликовал два письма с критикой результатов работы и ответ на критику самих авторов нашумевшей публикации, признающих, что „некоторые их результаты были ошибочными“. Кроме того, редактор в том же номере выступил с беспрецедентным заявлением, что журнал „пришёл к заключению, что предъявленных доказательств недостаточно для оправдания публикации“, а затем призвал читателей „самим принять решение“ в этой истории.

Но даже если перенос и состоялся, существовала ли угроза генетическому разнообразию? Не нужно считать, что геномы диких видов законсервированы и любой приток извне несет им угрозу. Статья об ошибочности такого мнения была опубликована в журнале „Science“ в феврале 2000 года, ещё до „кукурузной“ истории. В ней говорилось: сорта кукурузы, выращиваемые фермерами, сегодня не те, что были пять лет назад, и уж тем более не те, что были сто или пятьсот лет назад. Исследования показали — в результате перекрёстного опыления и деятельности человека сорта постоянно изменяются. Кроме того, в настоящее время фермеры часто используют семена из других регионов. Таким образом, генетическое разнообразие на полях является вовсе не статичной, а динамичной системой. Также было установлено, что в силу биологических особенностей перенос трансгенов в геном ближайших родственников и предков кукурузы (теосинте и трипсакум) не представляет опасности.

Кстати, вертикальной утечки генов можно избежать. **Технологии, позволяющие предотвратить возможность переноса новых генов при переопылении, в настоящее время активно разрабатываются. Например, если генетически трансформировать хлоропласты, то чужеродных генов в пыльце просто не будет.**

|  |
| --- |
| http://wsyachina.narod.ru/biology/genetic_modify/15.jpg*Рапс масличный в диком виде не встречается. Возник в результате естественного скрещивания капусты листовой и полевой; внешне напоминает сурепку. В настоящее время рапс — основная масличная культура во многих странах мира, а также частый объект генетической модификации.* |

Но, может быть, пример с кукурузой — это частный случай, а перенос трансгенов в рис или рапс более опасен для биологического разнообразия? Вот самый мрачный сценарий: трансгенная пыльца опыляет несколько растений, их потомство становится трансгенным, размножившиеся генетически модифицированные растения опыляют ещё больше растений, и так, пока все растения не станут трансгенными. Дикие родственники трансгенных культур, получившие с трансгенами устойчивость к вредителям, патогенам, засухе, морозам, со временем вытеснят естественную флору, а вместе с ней и другие организмы, зависящие от неё. Но совсем плохо, если эти родственники — сорняки. Получив устойчивость к ядохимикатам, они станут суперсорняками, для уничтожения которых потребуются огромные дозы гербицидов, что в результате приведёт к непредсказуемым последствиям не только для дикой природы, но и для сельского хозяйства. Кроме того, устойчивые ГМР будут способствовать появлению супервредителей и суперболезней, с которыми просто не справиться. На деле же такой сценарий весьма маловероятен. Для того чтобы новый ген закрепился в популяции, он должен придавать виду некие эволюционные преимущества. Устойчивость к гербицидам или определённым вредителям таковым не является. Но даже если предположить, что какой-либо ген даст это преимущество и вид начнёт усиленно размножаться, то и тут ничего катастрофического не произойдёт. Последует рост численности животных, питающихся этим растением, а также микроорганизмов и насекомых, паразитирующих на нём, что уравновесит экологический баланс. Так что в естественных условиях доминирование одного вида невозможно по определению. Доминирующий вид способен существовать только при поддержке человека. Тем не менее, уступая общественному мнению, для предотвращения этой гипотетической опасности производители ГМР вводят ограничения на возделывание генетически модифицированных культур в районах, где растут дикие родственники этих растений.

|  |
| --- |
| http://wsyachina.narod.ru/biology/genetic_modify/16.jpg*Поле, засеянное трансгенным рапсом.* |

Учёные знают, что в первую очередь биоразнообразию угрожает не замена одного сорта (или даже десяти сортов) на другой, а превращение природных ландшафтов в сельскохозяйственные. Так, нобелевский лауреат Норманн Борлоуг писал, что для получения урожая 1998 года по технологиям 1950 года потребовалось бы дополнительно распахать 1,2 млрд гектаров земли, то есть 33% всех пастбищ или 29% всех лесов в мире, а с учётом меньшей продуктивности этих земель — и того больше. Никакое использование удобрений и ядохимикатов и тем более генетически модифицированных растений не сравнится с ущербом окружающей среде от увеличения площади сельскохозяйственных угодий. Кроме того, в некоторых регионах, например в Юго-Восточной Азии, свободные земли взять просто неоткуда. А всё увеличивающееся население Земли надо как-то кормить. Генная инженерия растений, как и другие способы интенсификации сельского хозяйства, даст возможность сохранить нетронутыми огромные площади лесов, степей, лугов. А в идеальном случае позволит даже сократить площадь земель сельскохозяйственного назначения. Вот почему генная инженерия растений способствует сохранению биоразнообразия дикой природы, а не его уничтожению.

Ещё один „конёк“ борцов с ГМР — это забота об органическом земледелии. Оно, как известно, исключает использование трансгенных растений, как, впрочем, и ядохимикатов и минеральных удобрений. Зато оно активно использует Bt-инсектициды. Поэтому трансгенным культурам со встроенным геном Bt-токсина достаётся от борцов особенно сильно. Дескать, их использование будет способствовать появлению у вредителей устойчивости к натуральному Вt-инсектициду, что создаст проблему для фермеров, практикующих органическое земледелие с его использованием. Другие мыслят глобально — зачем вообще нужны ГМР с их устойчивостью к болезням, вредителям, ведь природа в любом случае её преодолеет. Человек, ускоряя эволюцию, всё равно проигрывает гонку: патогены приобретают устойчивость к антибиотикам, сорняки — к гербицидам, вредители — к инсектицидам. Не бессмысленны ли потуги человечества? Что тут возразить? Процесс приспособления вредителей и патогенов к средствам борьбы с ними пошёл с момента возникновения земледелия. Точно так же природа „одолевает“ полезные свойства сортов, выведенных путём традиционной селекции. Такова плата за прогресс. Вопрос лишь в том, захотят ли эти борцы за чистоту земледелия вернуться на несколько веков назад, когда 100% земледелия было органическим (а не 3%, как сейчас), а о пестицидах, антибиотиках и прочей вредной „химии“ никто и не слыхивал? Маловероятно. Но всё же стоит напомнить, что средняя продолжительность жизни тогда составляла не более 30 лет, сельским хозяйством занималось почти всё население, а неурожаи и голод в России случались раз в 3 года, в менее суровой по климату Европе — раз в 5–6 лет, приводя нередко к катастрофическим последствиям: более двух третей новорождённых умирало от инфекционых болезней; диагнозы „пневмония“ и „туберкулёз“ были сродни смертному приговору; ничтожное ранение или травма вызывали гангрену и сепсис. Откажутся ли оппоненты „всякой химии“ от лечения антибиотиками, если их жизнь окажется под угрозой?

**Этические проблемы генной инженерии растений**

К счастью, у генной инженерии растений этических проблем меньше, чем, например, у клонирования, но тем не менее они существуют. Помимо общих рассуждений о противоречии встраивания генов божьему замыслу беспокойство религиозных деятелей вызывает создание „гибридов“ самых различных организмов, в связи с чем возникают трудноразрешимые проблемы.

|  |
| --- |
| http://wsyachina.narod.ru/biology/genetic_modify/13.jpg*Противники генетически модифицированных растений из международной экологической организации Гринпис захватили в Англии поле, засеянное трансгенными культурами.* |

Можно ли употреблять в пост растительную пищу со встроенными генами животных? Можно ли есть генетически модифицированные продукты, в которые встроены гены человека, не будет ли это считаться каннибализмом? Нельзя ли считать пищу, в которую перенесены гены, например, свиньи, „частично свининой“ и не распространяются ли на неё запреты некоторых религий? Это, без сомнения, очень увлекательные споры наподобие средневековых диспутов: „сколько ангелов поместится на кончике иглы?“, „сколько генов превращают картофель в свинину?“

Некоторые к этому добавляют, что не хотят есть картошку с генами какого-нибудь таракана. Но почему-то никто не отказывается от земляники на том основании, что примерно 30–40% атомов азота, фосфора и калия перешли в неё из, пардон, навоза, которым эту землянику удобряли. Это значительно выше, чем доля чужеродной ДНК из любого организма в ГМР (примерно одна миллионная). И как все атомы одинаковы во Вселенной, так и в построении белков всего живого на Земле (и картошки и таракана) используется 20 аминокислот, а их генов — всего 4 нуклеотида.

**Есть ли польза без вреда?**

На сегодняшний день доказательства вреда трансгенных растений отсутствуют. Все публикации, в которых сообщалось об этом и на которые так любят ссылаться противники генной инженерии растений, впоследствии были опровергнуты, но об этом оппоненты генной инженерии растений обычно предпочитают не вспоминать.

Кстати, примеры научной недостоверности имеются не только в биологии. В марте 2002 года журнал „Science“ опубликовал статью о том, как учёные, пропускавшие при комнатной температуре через пол-литровую ёмкость с ацетоном ультразвук, наблюдали признаки термоядерной реакции. Предвидя возмущение физиков, у которых „холодный ядерный синтез“ пользуется примерно той же репутацией, что вечный двигатель или торсионные поля, редактор в этом же номере в почти шекспировском комментарии „Публиковать или не публиковать?“ заявил, что миссия журнала заключается в том, чтобы представить „интересную, возможно, важную работу на всеобщее обсуждение после удостоверения её качества со всей возможностью, на которую мы были способны. … Это делается без утверждения, что мы гарантируем в опубликованных статьях достоверность каждого результата“.

Конечно, даже самые ярые сторонники генной инженерии растений не могут сказать, что трансгенные растения совершенно безопасны. Исключить полностью вероятность любого события нельзя в принципе — подсчитано даже, за сколько лет обезьяна, беспорядочно стуча по клавиатуре, напечатает „Войну и мир“. По этой причине абсолютно безопасных технологий не существует, а в природе биологический риск не бывает равным нулю.

Противники генной инженерии растений, требуя доказать 100%-ную безвредность трансгенных растений, забывают (или не понимают), что требовать доказательств отрицательных утверждений нелогично: доказываются только положительные утверждения. Экспериментально можно доказать присутствие какого-либо явления в природе, но это будет означать, что оно имеет место иногда. Доказать же присутствие какого-либо явления всегда — нельзя. Отсюда вытекает — нельзя доказать отсутствие чего-либо, так как это означает, что оно отсутствует всегда. И так как отсутствие доказать нельзя, то, как гласит известный принцип римского права, „Ei incumbit probatio, qui dicit, non qui negat“ **(„Доказывать обязан тот, кто утверждает, а не тот, кто отрицает“).** Но противники трансгенных растений обычно не берут на себя труд доказывать вред трансгенных растений, для них существует принцип презумпции виновности: учёные должны доказывать их безвредность. Да и из одних и тех же экспериментов делаются разные выводы. Учёные говорят: „При некоторых условиях некоторые генетически модифицированные продукты (или растения) для некоторых людей (или экосистем) могут быть вредны“, а их оппоненты обобщают: „Вредны все, всегда и для всех“.

**Генетически модифицированные растения на российском огороде**

У нас в стране сложилась парадоксальная ситуация. С одной стороны, мы покупаем генетически модифицированную продукцию, а с другой — выращивание генетически модифицированных растений в России не разрешено… Между тем в арсенале наших учёных имеется множество разработок — новых технологий, трансгенных сортов важнейших сельскохозяйственных культур.

|  |
| --- |
| http://wsyachina.narod.ru/biology/genetic_modify/17.jpg*Австралийская фирма „Флориген“ производит трансгенные гвоздики сорта Лунная пыль: в геном белой гвоздики встроены гены из других цветов, отвечающие за голубую и фиолетовую окраски.* |

В развитых странах трансгенные растения востребованы. Их создание диктуется не только научным, но и коммерческим интересом. Традиционная селекция там подошла к пределу своих возможностей, для многих культур они почти исчерпаны. Новый сорт может быть на 3% урожайнее, на 5% устойчивее, но это — крохи. Трансгенные растения позволили сделать рывок в эффективности сельского хозяйства, и потому они оказались востребованы рынком, где другие возможности повышения продуктивности (удобрения, ядохимикаты и т. д.) себя уже исчерпали.

Многие учёные задают себе вопрос: „Если выращивание трансгенных растений разрешат в России законодательно, будут ли востребованы зарубежные и отечественные разработки нашим сельским хозяйством?“ В качестве ответа на него сравним „Мерседес“ и „Москвич“. „Мерседес“ конечно же лучше „Москвича“, но он требует качественного топлива, квалифицированного обслуживания и главное — всю свою мощь сможет показать только на скоростном шоссе. А если поставить его на ухабистую просёлочную дорогу в распутицу, то вряд ли он обгонит „Москвич“. Под „Мерседесом“ я подразумеваю современные сорта интенсивного типа со строго регламентированными технологиями выращивания. Только при выполнении всех технологических требований раскроются все потенциальные возможности сорта, ради которых и трудятся селекционеры. Трансгенный сорт — это, можно сказать, установка на „Мерседес“, например, турбонаддува.

А у нас, к сожалению, сельское хозяйство — это не скоростное шоссе, а разбитая просёлочная дорога, по которой „Мерседес“ будет тащиться с такой же скоростью, как и „Москвич“, и установка турбонаддува ему в таких условиях не поможет. И не только из-за нехватки средств, а и из-за плохой организации труда.

Новые сорта, конечно, нужны, никто не спорит. От низкоурожайных сортов, сколько ни вноси под них удобрения, толку не будет — болонку всё равно не раскормить до размеров сенбернара. Но всё надо делать параллельно: и менять „Москвич“ на „Мерседес“, и налаживать техосмотр, и прокладывать новые дороги. Российские учёные и сегодня могут предоставить сельскому хозяйству „Мерседес“, но по каким дорогам он будет ездить?

|  |
| --- |
| http://wsyachina.narod.ru/biology/genetic_modify/18.jpg*Автор статьи „Миф о трансгенной угрозе“ проводит исследования по генетической инженерии растений в лаборатории филиала Института биоорганической химии РАН (г. Пущино Московской области).* |

Я преднамеренно несколько сгустил краски. Возможно, у нас пойдут трансгенные сорта не с устойчивостью к гербицидам или болезням (на фоне общего плохого ухода за растениями прибавка в урожае будет незаметна), а с улучшенными потребительскими свойствами, заинтересующими покупателей. Возможно, они будут востребованы в немногочисленных пока в России хозяйствах, где растения выращиваются по интенсивным технологиям. Может быть, фармацевтические компании заинтересуются трансгенными растениями, синтезирующими лекарства и вакцины. Весьма вероятно, что исключением станет картофель с устойчивостью к колорадскому жуку (не западные сорта, предназначенные для переработки, например, в чипсы, а отечественные, столового предназначения). Но ген устойчивости всё равно станут переносить в современный интенсивный сорт (а не в какую-нибудь „синеглазку“), который требует своевременной прополки, окучивания, подкормки, при необходимости — полива (многие ли знают, что период цветения, когда закладываются клубни, является критическим в отношении воды, и видели ли вы у нас в стране, чтобы кто-нибудь в это время поливал картофель?), иначе всё равно соберёшь столько же, сколько и посадишь. Ген устойчивости вряд ли станет панацеей от всех бед.

И всё же выращивание как отечественных, так и зарубежных сортов в России, думается, следует разрешить без сомнения. Естественно, если и те и другие пройдут все необходимые тесты, анализы и испытания в соответствии с действующим законодательством РФ, нормативными документами и т.д., как это делается, например, для лекарственных средств. Объективных доказательств вреда от трансгенных растений нет, а дальше пусть всё решает экономическая сторона дела: будет ли выгодно выращивать трансгенные растения в России, будет ли на них спрос. Главное, чтобы отсутствие спроса не было вызвано элементарной безграмотностью в области биологии.

**Основные «последствия» применения генетически модифицированных растений**

* **Повышение продуктивности сельскохозяйственных культур**. Например, урожайность трансгенной сои в Аргентине на 10% выше, чем обычной.
* **Сохранение биоразнообразия**. Применение генетически модифицированных растений позволяет увеличить производство сельскохозяйственной продукции, не расширяя площади пахотных земель. Это очень важно для сохранения биосферы, поскольку в развивающихся странах ежегодно вырубается 13 млн гектаров лесов под сельскохозяйственное и промышленное использование.
* **Уменьшение ущерба окружающей среде от использования ядохимикатов.** Например, в 2001 году применение пестицидов сократилось на 20,7 тысячи тонн в США и на 78 тысяч тонн в Китае.
* **Экономическая выгода.** В 2001 году экономический эффект от выращивания генетически модифицированных растений в США составил 1,5 млрд долларов, а в Китае — 750 млн долларов, поскольку выращивание трансгенных растений значительно снижает трудозатраты и экономит энергоресурсы.

**Подробности для любознательных**

**Генетическая трансформация растений**

Трансгенным (или генетически модифицированным) называется растение, в геном которого методами генетической инженерии перенесены гены (их называют „трансгенами“) из других организмов. Процесс переноса называется генетической трансформацией. Основными преимуществами такой технологии по сравнению с традиционной селекцией являются: возможность переноса всего одного гена, что практически не затрагивает исходный генотип; возможность придания признаков, которые нельзя перенести путём скрещивания с близкородственными видами; значительное ускорение процесса получения новых генотипов.

|  |
| --- |
| http://wsyachina.narod.ru/biology/genetic_modify/9.jpg*Схема агробактериальной трансформации.* |

Наиболее широко используемый метод трансформации — агробактериальный был разработан на основе природного процесса. Почвенная бактерия *Agrobacterium tumefaciens* способна инфицировать двудольные растения, вызывая опухоли — корончатые галлы. Как выяснилось, при этом происходят перенос и встраивание в растительный геном двух групп генов: продукты одних вмешиваются в нормальный метаболизм растения и способствуют разрастанию опухоли, а продукты других синтезируют опины, вещества, ненужные растению, но используемые в пищу бактериями. Учёные модифицировали агробактерии таким образом, что они вместо собственных переносят в растения гены, нужные человеку.

|  |
| --- |
| http://wsyachina.narod.ru/biology/genetic_modify/8.jpg*Регенерация трансгенного растения из неорганизованной массы делящихся генетически модифицированных клеток* |

Впоследствии был разработан ряд других методов трансформации растительных клеток, из которых наибольшее распространение приобрел биобаллистический. Он используется чаще всего для генетической модификации однодольных растений, нечувствительных к агробактериям. В специальных установках микрочастицы золота или вольфрама с нанесённой на них ДНК ускоряют при помощи сжатого гелия, и они проникают в ДНК клеток мишени.

Признаки, которые возможно придать с помощью генной инженерии, весьма разнообразны и в основном ограничены только наличием соответствующих генов. Очень условно их можно разделить на три группы. К первой относятся признаки, интересные производителям: устойчивость к различным факторам окружающей среды — гербицидам, болезням, вредителям, засухе, засолению, улучшение минерального питания, повышение укореняемости. Вторая группа признаков представляет интерес непосредственно для потребителей — модификация вкуса и аромата плодов, увеличение продолжительности их хранения, изменение окраски цветков, бессемянность, улучшение питательной ценности растений. В третью группу входят растения–„биофабрики“, способные синтезировать вакцины, ферменты, биополимеры и другие полезные вещества.

ДНК бактерий существуют не только в виде хромосом, но и в виде маленьких кольцевых молекул (плазмид). Бактерии *Agrobacterium tumefaciens* помимо прочих содержат плазмиды, вызывающие опухоли (Ti-плазмиды). На такой плазмиде среди прочих генов имеется так называемая область Т-ДНК, содержащая гены, отвечающие за образование опухоли на растениях и синтез опинов. Именно этот кусочек плазмиды агробактерии встраивают в ДНК растений. Выяснилось, что агробактерии в принципе способны переносить в растения любую ДНК, которая расположена в этом месте плазмиды. Поэтому в плазмидах, используемых в генно-инженерных целях, природные гены заменяют любыми другими, представляющими интерес для человека. Как правило, это два-три гена: целевой, который придаёт, например, устойчивость к насекомым; селективный, который придаёт устойчивость к определённым веществам (чаще всего — антибиотикам), что позволяет трансформированной клетке расти в питательной среде с антибиотиками, в то время как нетрансформированные клетки в ней гибнут; и иногда — репортёрный ген, который позволяет качественно определить трансформированную клетку, например, по окрашиванию или свечению в ультрафиолетовом свете.

В суспензию агробактерий, содержащих плазмиды с нужными генами, добавляют органы или ткани растений (экспланты), из которых проще всего регенерировать целые растения (чаще всего используются листья). Этот этап называется кокультивацией. Во время кокультивации агробактерии с помощью vir-белков переносят участок Ti-плазмиды и встраивают его в растительную ДНК.

Затем растительную ткань помещают на питательную среду, содержащую антибиотики. В этой среде выживают только те клетки, в которые агробактерии перенесли ген, придающий устойчивость к антибиотикам, то есть трансформированные. Условия и состав среды подобраны таким образом, что трансформированные клетки активно размножаются, образуя неорганизованную массу делящихся клеток (калллус), из которой регенерируют трансгенные растения. Полученные растения размножают и подвергают различным анализам сначала в пробирке, а потом — на полях и в теплицах.

Создание одного нового сорта ГМР стоит от 50 до 300 млн долларов и занимает от 6 до 12 лет.

В России наиболее интенсивные исследования в области генетической инженерии растений, результаты которых публикуются в научных журналах и представляются на конференциях и симпозиумах, проводят три научных учреждения: филиал Института биоорганической химии (ФИБХ) РАН (г. Пущино Московской области), Центр „Биоинженерия“ РАН (Москва) и ВНИИ сельскохозяйственной биотехнологии (ВНИИСХБ) РАСХН (Москва). К настоящему времени в ФИБХе получены трансгенные растения плодовых (яблоня, груша, вишня), ягодных (земляника, актинидия), декоративных (хризантема, гвоздика), овощных (морковь) и злаковых (пшеница) культур.

Примеры встраиваемых генов: ген белка морозоустойчивости из арктической камбалы использовался для повышения устойчивости растений к заморозкам; бактериальный ген Bt-токсина — к вредителям; растительный ген суперсладкого белка *thaumatinII* — к вредным микроорганизмам, а также для модификации вкуса. При помощи гена бактериального происхождения *rolC* растения приобретают карликовость, а встраивание гена халконсинтазы из львиного зева меняет окраску других цветов. Для придания растениям устойчивости к гербицидам на основе фосфинотрицина используется ген *bar*, который отвечает за синтез фермента, расщепляющего гербицид до нетоксичных компонентов.

Центр „Биоинженерия“ специализируется на получении трансгенного картофеля, устойчивого к колорадскому жуку, вирусам и гербицидам, и подсолнечника, а во ВНИИСХБе получены трансгенные сорта томата и рапса, устойчивые к фитопатогенам и гербицидам. Помимо этих учреждений соответствующие работы ведутся и в ряде других, но там они, как правило, ограничены либо модельными объектами (табак), либо переносом одного-двух генов. Разработки ФИБХа и „Биоинженерии“ проходят полевые испытания уже не первый год.

*Статьи близкой тематики:*
[**По ту сторону эволюции.**  В. В. Вельков.](http://wsyachina.narod.ru/biology/trans_evolution.html)
[**«Роковые яйца» в широкой продаже.**  Кирилл Ефремов, Владимир Сесин.](http://wsyachina.narod.ru/biology/doom_clutch.html)
[**ГМ-люди.**  Игорь Лалаянц.](http://wsyachina.narod.ru/biology/inbreeding.html)
[**Диетические сказки.**  Борис Жуков.](http://wsyachina.narod.ru/social_sciences/dietetic_story.html)
[**Натура или нуртура.**](http://wsyachina.narod.ru/biology/nurture.html)
[**Пестициды: защита для растений или отрава для окружающей среды?**  Г.Г. Онищенко.](http://wsyachina.narod.ru/chemistry/pesticides.html)
[**ХХ век: мифы освобождения.**](http://wsyachina.narod.ru/social_sciences/myth_1.html)
[**Мифология мифа.**  Ольга Балла.](http://wsyachina.narod.ru/social_sciences/myth_6.html)
[**Зеркало и рамка.**  Борис Дубин.](http://wsyachina.narod.ru/social_sciences/myth_7.html)
[**Неуловимая русская мафия.**  Леонид Хотин.](http://wsyachina.narod.ru/social_sciences/russian_mafia.html)
[**Поверья и ритуалы повседневности.**  Андрей Мороз, Андрей Трофимов.](http://wsyachina.narod.ru/social_sciences/myth_4.html)
[**От Бога и от беса.**  Мария Ахметова.](http://wsyachina.narod.ru/social_sciences/myth_5.html)
[**Средний класс в России или к появлению нового мифа.**  Вадим Радаев.](http://wsyachina.narod.ru/social_sciences/myth_3.html)
[**Российский «средний класс» как душевная реальность.**  Ольга Маховская.](http://wsyachina.narod.ru/social_sciences/middle_class.html)
[**Вечность мифа об экстрасенсорном восприятии.**  В. П. Лебедев.](http://wsyachina.narod.ru/social_sciences/extrasens_myth.html)
[**Утраченные иллюзии.**  Борис Дубин.](http://wsyachina.narod.ru/social_sciences/myth_2.html)