

ГМО: страхи и реальность

Предисловие

Мы часто боимся того, о чем не знаем совсем или знаем, но мало. Так, в современном обществе существует большое количество самых разнообразных фобий. В десятке самых популярных из них мирно соседствуют боязни апокалипсиса 2012, экономического кризиса, глобального потепления, и, конечно же, генно-модифицированных организмов, также известных под аббревиатурой “ГМО”.

В одной из телепередач журналисты опрашивали жителей Москвы с целью выяснить, знают ли те, как расшифровываются три загадочные буквы. Как оказалось, правильный ответ дали далеко не все, зато предположения были самые разные - от “что-то связанное с Московской областью, только вот буква “Г” забыл что значит”, до “генно-модифицированных отходов”. Впрочем, это не удивительно, ведь на изучение источников информации, способных отразить *действительное* положение дел в конкретной области, нужно затратить время, которое потенциальный искатель правды считает нужным потратить на другие, более важные и интересные дела. Не в последнюю очередь нехватка информации связана и с ее труднодоступностью - упоминания ГМО в отрицательном контексте встречаются гораздо чаще, нежели развенчание основных связанных с ними мифов.

В данном коротком обзоре я проанализирую основные заблуждения, касающиеся генетически модифицированных организмов, и попытаюсь объяснить, какова их реальная польза и возможные негативные последствия использования.

Кто есть кто

Генетически модифицированным организмом называют организм, имеющий преднамеренно измененный генотип, причем данные изменения носят целенаправленный характер и производятся с помощью методов генетической инженерии. Генетическая инженерия позволяет работать не только с собственным генетическим материалом организма, но и привносить в него чужеродные гены или синтетические нуклеотидные последовательности (так называемы “трансгены”), которых реципиент не имел ранее. При этом отсутствует проблема нескрещиваемости эволюционно далеких видов. Уверен, что многим знакомо выражение “трансгенный организм”, так вот - в общем приближении этот термин можно считать синонимичным термину “ГМО”.

Для чего используются трансгенные или генетически модифицированные организмы?

Во-первых, основная часть всех ГМО, существующих на данный момент, создана в исследовательских целях. В первую очередь трансгенные организмы служат для изучения фундаментальных биологических процессов и функций генов, кроме того, с их помощью ученые моделируют разнообразные заболевания и пытаются найти способы их лечения. Например, генетическая инженерия позволяет создавать трансгенных животных, несущих конкретный “выключенный” ген, благодаря чему мы можем получить представление о его роли в патогенезе.

Во-вторых, трансгенные организмы стоят на страже нашего с вами здоровья, - современная фарминдустрия активно использует их для продукции лекарственных препаратов. В качестве примера можно привести инсулин - самый известный лекарственный препарат, получаемый с помощью ГМО. В настоящий момент в мире проживает около 120 миллионов человек, страдающих от сахарного диабета. Для лечения этого недуга инсулин начали использовать еще в 1923 году, однако до 80-х годов он производился исключительно из животного сырья, а именно из поджелудочной

железы свиней и крупного рогатого скота. Производство животного инсулина связано с очевидными экономическими и технологическими трудностями, обусловленными дороговизной, сложностями при выделении, хранении и транспортировке сырья, а также его дефицитом. Технически довольно трудно и дорого выделить чистый (монокомпонентный) инсулин, не содержащий примесей проинсулина. Кроме того, возможны тяжелые аллергические реакции, что исключает применение животного инсулина при лечении некоторых категорий больных и, особенно, детей. Благодаря появлению генетической инженерии, в 1982 году появилась возможность производить инсулин человека методом генетического изменения микроорганизмов. В настоящее время доля генно-инженерного инсулина во всем мире неуклонно возрастает и на настоящий момент времени составляет более 90%.

Инсулином и модифицированными микроорганизмами дело далеко не ограничивается, - ряд важных лекарственных препаратов получают с помощью трансгенных растений и животных. Одними из продуцентов являются так называемые "молочные биореакторы". Принцип создания таких биореакторов основан на использовании генетических конструкций, в которых "пусковые ключи" генов молочного скота (коров, коз, овец), работающие только в молочных железах этих животных, «пришиты» к генам, ответственным за синтез нужных нам белков человека. Животное-биореактор, имеющее в геноме такие трансгены, способно вместе с молоком продуцировать необходимый нам белок. Кроме того, биореакторы нарабатывают рекомбинантные белки в больших количествах, и выделение их из молока не составляет особого труда. Не вдаваясь в тонкости, отметим, что бактериальные продуценты не всегда хорошо справляются с вверенными им белками, и в этом случае именно трансгенные млекопитающие могут быть единственным решением. Кроме того, биореакторы позволяют значительно снизить стоимость рекомбинантных препаратов, поскольку вырабатывают их в гораздо больших количествах.

В-третьих, не менее важной областью применения ГМО является их использование для нужд сельского хозяйства. Именно представители данного класса ГМО наиболее знакомы среднестатистическому потребителю, и именно они чаще всего становятся объектом горячих споров и нападков со стороны борцов с ГМО.

Бесспорно, главную роль здесь играют трансгенные растения. Около десяти тысяч лет прошло с тех пор, как человек разумный научился культивировать растения и благодаря этому стал обеспечивать себя продовольствием. Вполне разумно, что во все времена ему хотелось их всячески улучшать своих кормильцев. Еще задолго до того, как люди узнали о существовании генов, для этих целей применялась селекция. Заслуги селекции и селекционеров неоценимы, однако у данного процесса есть главный минус - на создание нового сорта необходимо затратить довольно большое количество времени. В этом контексте генетическая инженерия имеет очевидное преимущество, поскольку позволяет в довольно короткий срок получить организм с желаемыми свойствами. Конечно, это не означает, что ученые могут создавать растения или животных, несущих абсолютно любой признак, так как многие из них обусловлены совместной работой десятков или даже сотен генов. Тем не менее, наука уже имеет представления о функциях многих из генов, и может использовать эти знания для улучшения существующих сортов растений и пород животных.

На данный момент в мире произрастает около 20 трансгенных растительных культур, в частности - картофель и кукуруза, устойчивые к насекомым-вредителям, сорт томата, имеющий продленный срок хранения и т.д. Генные инженеры активно работают над решением самых разнообразных проблем в данной области. Так, например, современные сорта кукурузы, несмотря на большой размер початка, имеют низкую жирность зерна. Как оказалось, в процессе отбора по размеру початка (селекционная работа была начата еще индейцами), произошла мутация одного из генов ответственных за процесс синтеза липидов. Разумеется, что ни о каких генах индейцы представления не

имели, да и оценить жирность зерен вряд ли могли, как следствие - мутантная форма закрепилась в процессе бессознательного искусственного отбора. Генетиками был подтвержден ожидаемый факт - нормальным вариантом гена обладает дикий предок кукурузы - Теосинте мексиканская (*E. mexicana*). Современные возможности генетической инженерии позволяют получить трансгенную кукурузу, которой будет возвращена ее давняя потеря, работа над этим ведется в настоящее время.

Помимо трансгенных растений сельское хозяйство активно использует и трансгенных животных. Так, известно, что белок лизостафин способен повышать устойчивость молочных сельскохозяйственных животных к заболеванию маститом. Основываясь на этих данных, учеными были получены трансгенные коровы, продуцирующие лизостафин в молочной железе

Не так давно на рынок поступила трансгенная порода лосося, имеющая увеличенную продукцию собственного гена гормона роста и как следствие - более высокую в сравнении с обычным лососем массу.

На сегодняшний день имеется довольно большое количество реальных примеров использования генетически модифицированных организмов, а трансгенные технологии так или иначе связаны с основными сферами деятельности человека.

Дурная репутация

Итак, с понятиями и применением мы разобрались. Настало время войти в темный лес предрассудков и некомпетентности. Как было отмечено выше, генетически модифицированные организмы в понимании большинства - своеобразный *flagellum dei* (бич божий). Не стоит ждать чудес - вбивая в поисковую строку Google запрос “ГМО” вы имеете гораздо больше шансов вызвать сатану, чем найти ссылку на страницу, адекватно рассказывающую о трансгенезе. Огромное количество людей, по данным социологических опросов - до 70%, испытывают личную неприязнь к плодам работы генных инженеров (точно как в фильме “Мимино” - “такую личную неприязнь испытываю к ГМО, что кушать их не могу”).

Несчастливым трансгенным организмам, чаще всего трансгенным растениям, приписывают горы мыслимых и немыслимых грехов, многие из которых поистине поражают воображение. Чего стоит только новостной сюжет на одном из российских видеоканалов, в котором рассказывается о некой женщине с колючками на лице, образовавшимися в результате поедания “ГМО продукта с геном кактуса”. Что это был за продукт такой, и какой ген кактуса в него внедрили, нам, естественно, не поведали. Такие сюжеты я разбирать не собираюсь, потому что это уже то самое, что называется “клиника”. Давайте лучше обратимся к наиболее распространенным вопросам.

Безопасно ли употреблять ГМО в пищу?

Для начала маленькое отступление. Довольно часто приходится слышать такие выражения, как “ген таракана”, “ген камбалы”, “ген белого медведя” и т.п. С точки зрения биологии, данные термины некорректны. Правильные варианты должны иметь только такую форму: ген инсулина человека, ген инсулина коровы, ген ацетилтрансферазы таракана, ген зеленого флуоресцирующего белка медузы. Необходимо четко понимать, что один ген не может превратить таракана в свинью или человека в медузу. Ген - это всего лишь кусочек молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), содержащий программу синтеза конкретного белка.

В первую очередь противники приписывают ГМ продуктам свойство токсичности.

Предположения о токсичности возникли не на пустом месте, причем это один из тех случаев, когда “пустое место” в каком-то смысле было бы даже лучше.

По большому счету, основные нападки на ГМО начались в 1998 году, когда британский ученый Арпад Пуштаи в прямом эфире телевидения заявил о сенсационных результатах своего исследования. Крысы, которых он кормил генетически модифицированным картофелем, содержащим белок лектин, имели целый ряд

серьезных нарушений здоровья. В результате им был сделан вывод об опасности трансгенной пищи.

Заявление произвело эффект разорвавшейся бомбы. В мгновение ока появилась целая армия противников ГМО, поддержавших выводы Пуштая. Чуть позднее его работа была опубликована в авторитетном научном журнале “The Lancet” (1), правда в этот раз в заключении фигурировали гораздо более скромные выводы. Вполне естественным ответом научного сообщества на данный прецедент были независимые попытки повторить эксперимент, однако результаты Пуштая, сколько ни пытались исследователи, воспроизведены не были. Группа специалистов в данной области тщательно разобрала схему постановки эксперимента, в результате чего обнаружилось, что работа ученого содержит большое количество грубых ошибок, из-за которых он неправильно интерпретировал полученные данные. Конкретные указания на упомянутые ошибки были опубликованы в том же журнале позднее, к дискуссии подключились сотни исследователей.

Одновременно с этим событием на ученых посыпались обвинения в заговоре, организованном с целью скрыть негативное влияние ГМО на здоровье людей и животных. В первую очередь противники ГМО утверждали (как продолжают утверждать и по сей день), что все специалисты были подкуплены компанией-производителем, а Арпаду Пуштаю поломали карьеру (его уволили спустя 2 дня после громкого заявления).

Не очень хочется вдаваться в конспирологические теории, да и в жизни бывает всякое, но как в таком случае не вспомнить о компаниях, производящих пестициды? Не секрет, что увеличение доли ГМ продукции на сельхозрынке несет им большие убытки, поскольку фермеры начинают использовать растения, способные противостоять вредителям, соответственно отпадает необходимость применения дорогих ядохимикатов. Не забываем и о том, что производители гербицидов на сегодняшний день по-прежнему очень востребованы и богаты, и в случае чего способны перекупить ученых обратно и дать отпор “дьявольским отродьям”! Оставим конспирологию на совести игроков рынка, ведь доверять нужно, в первую очередь, результатам воспроизводимых экспериментов, публикуемых в авторитетных научных журналах с высоким индексом цитируемости.

Возможные негативные последствия использования ГМО активно изучались и продолжают изучаться. Опубликовано множество исследований, в которых проделана огромная работа. Исследователи используют колоссальные выборки, на которых с поразительной дотошностью изучаются даже самые маленькие нюансы действия трансгенов. Ни в одной из таких работ до сегодняшнего дня не было сделано ни единого вывода о негативном влиянии употребления ГМО в пищу. Не думаю, что среди авторов таких работ фигурируют аффилированные лица, скорее наоборот - создается впечатление, что ученые очень сильно хотят найти хоть один изъян, но при всех усилиях сделать это у них никак не получается.

Небольшое отступление: история о трансгенном картофеле, модифицированном геном эндотоксина Bt, взятым из генома бактерии *B. thuringiensis*. Bt-токсин безопасен для человека и животных, но совсем не безопасен для колорадского жука. Еще до того, как был клонирован ген Bt-токсина, сам токсин использовали для распыления на картофельных полях, причем распыляли не очищенный белок, а бактерий *B. thuringiensis*, которые помимо данного вещества вырабатывают еще с десятков других токсинов, некоторые из которых могут нанести вполне реальный вред здоровью человека. Были проведены эксперименты на мышах, которым давали в пищу клубни обычного картофеля, картофеля, выращенного при опрыскивании Bt, и модифицированного сорта, несущего ген Bt. Результаты показали, что по физиологическому воздействию диеты из трансгенного и обычного картофеля практически не отличались. В то же время диета из картофеля, опрысканного Bt,

вызывала сильные изменения морфологии клеток печени и некоторые другие отклонения.

Стоит отметить одну очень важную деталь, связанную с “запуском” каждого нового сорта трансгенного растения (как и породы животного). Такие организмы подвергаются строжайшим проверкам, продолжающимся в некоторых случаях по 10-15 лет. Изучаются абсолютно все возможные параметры, проводятся сотни испытаний, чтобы окончательно убедиться в безопасности каждого конкретного трансформанта. Если у ученых есть хоть капля сомнения или на горизонте маячит малейшая вероятность потенциального вреда - такой сорт сразу же бракуют и не выпускают на рынок (и такие прецеденты имеются). Благодаря регламентированным правилам разработки таких организмов и множеству комиссий-контролеров обеспечивается надежность и безопасность.

Существует несколько показательных историй на эту тему, и вот одна из них. Проект по улучшению урожая в США включал перенос гена из бразильского ореха в сою. В 1996 г. проект был свернут, после результатов анализа, показавших, что перенесенный ген кодирует потенциальный аллерген. Примечательно что, этот эффект не связан с методикой получения трансгенных организмов - у многих людей употребление бразильского ореха в пищу может вызывать аллергические реакции, и ГМО тут ни при чем. К тому же ни про одно из официально одобренных на сегодняшний день трансгенных растений неизвестно, чтобы оно вызывало аллергические реакции.

Какова опасность трансгенов и трансгенных технологий?

Если претензии к безопасности веществ, продуцируемых ГМ организмами, хоть как-то обоснованы, то в случае с кривотолками опасности рекомбинантной ДНК (иначе, говоря, трансгенов) все обстоит гораздо интереснее.

Многие слышали о так называемом горизонтальном переносе генов. Горизонтальный перенос генов — это процесс, в котором организм передаёт генетический материал другому организму, не являющемуся его потомком. Данный термин является излюбленным оружием некомпетентных борцов с ГМО, которые утверждают, что съдаемый трансген переносится в наши клетки и вызывает там необратимые изменения.

Давайте разберемся, что же происходит с ДНК, когда та попадает с пищей в наш организм. Очень важно понимать, что между трансгенами и “обычными генами” съдаемого ГМ организма, которых, к слову, примерно в 20 000 раз больше (не считая некодирующих участков), нет абсолютно никакой разницы. Многократно проверенный факт свидетельствует, что 95% всей попадающей в наш пищеварительный тракт ДНК распадается до отдельных мономеров - нуклеотидов. Оставшаяся часть может доходить до кишечника в виде небольших олигомеров длиной до 400 нуклеотидов (средний размер человеческого гена ~ 10000 п.н.). Оказывается, иногда эти кусочки могут проникать в некоторые клетки и кровь, с током которой они даже могут преодолевать плацентарный барьер, однако ни разу не было показано, что такие фрагменты могут каким-либо образом встраиваться в нашу ДНК. Это достаточно очевидный факт, ведь если бы все было иначе, наш геном давно бы уже представлял собой что-то вроде мусорной корзины.

Некоторые трансгенные растения несут ген устойчивости к тому или иному антибиотику. Поэтому часто поднимается вопрос, могут ли бактерии «захватить» трансген и получить устойчивость к используемому антибиотику. Этот вопрос наука также не обошла стороной, и было показано, что вероятность такого события чрезвычайно низка, примерно 10^{-13} (2), и это учитывая, что все существующие ныне устойчивые бактерии приобрели резистентность по причинам, никак не связанным с ГМО.

Оппоненты ГМО апеллируют к возможности утечки генетического материала трансгенных организмов в природную популяцию. Действительно, такое событие, в отличие от описанных ранее, может произойти, поэтому подобные ситуации стараются предотвращать: используют растения самоопылители, изолируют посевы трансгенных растений, тщательно анализируют возможные последствия такого переноса и вероятность фиксации трансгена в популяциях диких или культурных растений. Ведется активная работа над новыми подходами, позволяющими сделать генетически-модифицированные семена невсхожими в следующем поколении. Некоторые такие системы, например, тетрациклиновая, начинают внедряться в настоящее время.

Сухой остаток

Разумно полагать, что далеко не все инициативы современности продиктованы исключительно соображениями гуманности и добра. Не секрет и то, что достаточно часто люди думают о деньгах и способах их заработка, а не о том, как помочь ближнему. Тем не менее, не стоит делить мир на белое и черное – появление новых технологий в большинстве случаев сочетает в себе не только идею последующей коммерциализации, но и стремление сделать нашу жизнь лучше.

Генетически модифицированные организмы за время своего существования успешно справляются с возложенными на них задачами и уже успели принести огромную пользу науке, медицине, сельскому хозяйству, промышленности. Безусловно, как и в случае с любой другой новой технологией нам необходимо очень тщательно обдумывать возможные последствия ее применения и потенциальные угрозы безопасности для мира, в котором мы живем. При этом нет никаких оснований а priori считать трансгенные организмы опасными, основываясь только на факте произведенной генетической манипуляции. Рациональное мышление, основанное на фактах и подкрепленное элементарной научной грамотностью – вот надежное лекарство от предрассудков и заблуждений.

Дополнительная литература

1. Ewen S., Pusztai A. Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. The Lancet. 1999, October 16; (354): 1353-1354 – та самая многострадальная статья Арпада Пуштай.
2. <http://content.karger.com/ProdukteDB/produkte.asp?Aktion=ShowPDF&ArtikelNr=46734&Ausgabe=227431&ProduktNr=223977&filename=46734.pdf> – профессиональная современная точка зрения на тему безопасности ГМО
3. www.progenes.livejournal.com – замечательный научный блог, постоянно освещающий последние новости о ГМО.
4. [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11361332?ordinalpos=1&itool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed_ResultsPanel.Pubmed_DiscoveryPanel.Pubmed_Discovery_RA&linkpos=4&log\\$=relatedarticles&logdbfrom=pubmed](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11361332?ordinalpos=1&itool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed_ResultsPanel.Pubmed_DiscoveryPanel.Pubmed_Discovery_RA&linkpos=4&log$=relatedarticles&logdbfrom=pubmed) – статья о возможности интеграции трансгенной ДНК в геном при попадании в организм с пищей
5. www.Irina-ermakova.ru Страница Ирины Ермаковой, ярой противницы ГМО в России, заходить только людям со стойкими научными убеждениями.
6. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/2150.pdf> руководство по оценке рисков и допуску ГМО от Европейского агентства по безопасности продуктов питания (EFSA), оцените уровень требований.
7. www.gmo.ru – как ни странно, достаточно объективный русскоязычный ресурс на тему ГМО.
8. <http://www.gmo-compass.org/eng/home/> - зарубежный ресурс, собирающий последние новости о ГМО, собрана полная информация о ныне существующих сортах трансгенных растений.