



**КАК ОЦЕНИВАТЬ ВЛИЯНИЕ
ГМО НА ЧЕЛОВЕКА
И ПРИРОДУ**



1918
TALLINNA
TEHNIKAÜLIKOOL

Издатель: Министерство окружающей среды
Таллиннский Технический Университет
2008

Финансовое содействие программы окружающей среды ООН

Составители: проф. Эрки Труве, др. Мати Коппель,
др. Лийна Ээк и Туули Леванди

Введение

Генетически модифицированный организм (ГМО) это организм, в геном которого с помощью методов ДНК-рекомбинантной технологии стабильно встроены чужеродные, ранее никогда там не содержащиеся, гены, фрагменты генов или другие участки ДНК. При этом очень важна устойчивость введённой ДНК. Это означает, что чужеродная ДНК должна неизменно присутствовать во всех клетках созданного организма, по крайней мере, в течение нескольких поколений. В противном случае организм не может называться ГМО.

Во-вторых, ГМО создаются при помощи методов генной технологии. Чужеродную ДНК можно интегрировать в геномы путём межвидового скрещивания, слияния (фузирования) клеток, с помощью вирусов и т.д. Но в соответствии с законодательством, регулирующем ГМО, такие организмы (например, все полученные традиционными путями культурные растения и домашний скот) не являются генетически модифицированными.

Следует отметить, что различие геномов ГМО и их предшественников очень незначительно. В ядрах клеток любого организма содержится 10 000 – 50 000 генов. Между генами находятся так называемые некодирующие участки

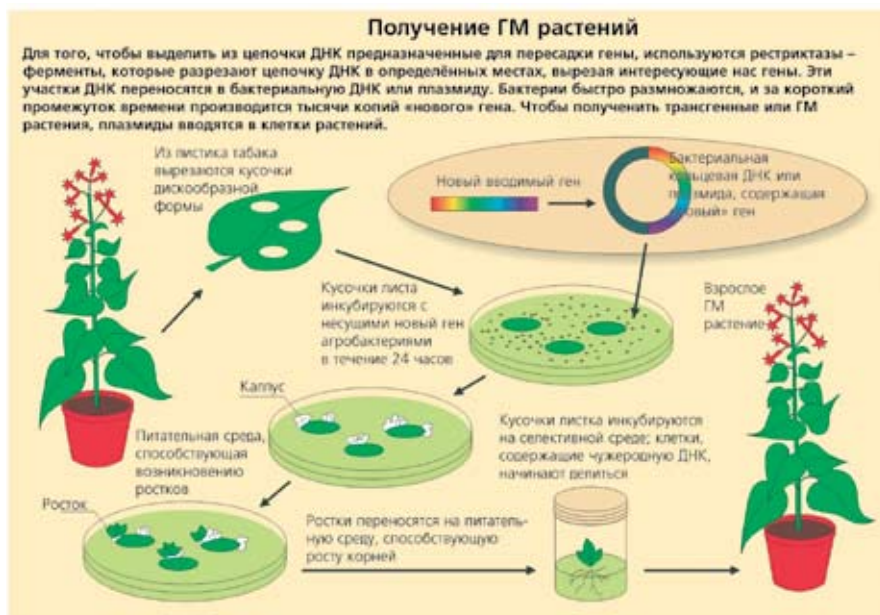


Рисунок: Ээсти Лоодус 2004 н.2, автор Каарел Тамре.

ДНК, содержание которых в геномах некоторых видов доходит до 99%. Если же такой геном дополнить ещё одним геном, то он будет отличаться от своего предшественника всего на 0.00002%. Несмотря на то, что геном организма в основном будет такой же, как у родительской линии, у нового организма могут появиться некоторые функциональные отличия.

В современной хозяйственной деятельности помимо генетически модифицированных бактерий и дрожжей используются генетически модифицированные растения. Создание таких растений можно осуществить различными способами.

Во-первых, используются методы, основанные на природных явлениях. Например, обитающие в почве агробактерии способны переносить часть своей ДНК в клетки растений и там внедрять её в геном. И это абсолютно нормальный и естественный процесс. Используя это свойство агробактерий и замещая их собственные гены на желаемые, мы можем стабильно встраивать новые, нас интересующие, гены в геном растения.

Второй широко используемый способ доставки генов – баллистический или ДНК бомбардировка. С помощью специального устройства клетки растений бомбардируют золотыми микрочастицами, покрытыми ДНК. Внутри клетки ДНК высвобождается, проникает в ядро и путём рекомбинации включается в геном.

В обоих случаях из одной индивидуальной клетки после внедрения в неё чужеродной ДНК требуется вырастить новое растение, и только оно может называться ГМО.

Для регенерации растения из одной клетки применяются методы тканевой или клеточной культуры, которые известны уже более полувека. Так, с помощью подобной методики путём культивирования меристемы были получены некоторые сорта клубники. Многие предшественники выращиваемого в Эстонии семенного картофеля также прошли этап клеточной культуры.

Генная технология это довольно модное, но в то же время далеко не новейшее, достижение человечества. Первая ГМ бактерия была создана в Калифорнии в 1971 году, первые ГМ растения были получены в Бельгии и Миссури в 1983 году.

Использование ГМО

Хотя история использования ГМО небольшая, в мире уже разрешен к применению целый ряд ГМО. Первыми на рынке появились ГМ вакцины (1992 – 1994), за ними в 1994 последовал устойчивый к гербицидам табак, а в 1996 – 1997 линии рапса, сои, цикория, кукурузы, а также некоторые генетически изменённые сорта цветов.

По данным ISAAA* выращивание ГМ-культур в 2007 году увеличилось примерно на 10% по сравнению с 2006 годом и занимает площадь 114 миллионов гектаров земли, из которых около 50% приходится на долю США. За США следуют такие крупные производители ГМО, как Аргентина, Бразилия, Канада, Индия и Китай, на долю которых вместе с США приходится 95% всех посевных площадей ГМО. Кроме выше упомянутых, ГМО выращиваются еще в 17 государствах.

Из ГМ-культур в основном выращивают сою (51%), кукурузу (31%), хлопчатник (13%) и рапс (5%). Наряду с этими культурами в сельском хозяйстве используются такие ГМ-растения, как помидоры, картофель, кабачок, люцерна и папайя.

Таблица Распределение посевных площадей ГМ-культур по государствам в порядке возрастания по состоянию на 2007 год
(Источник: *ISAAA, Клив Джеймс).

	Государство	Посевная площадь (миллион гектаров)	ГМ-культура
1	США	57.7	Соя, кукуруза, хлопчатник, рапс, кабачок, папайя, люцерна
2	Аргентина	19.1	Соя, кукуруза, хлопчатник
3	Бразилия	15.0	Соя, хлопчатник
4	Канада	7.0	Рапс, кукуруза, соя
5	Индия	6.2	Хлопчатник
6	Китай	3.8	Хлопчатник, помидоры, тополь, петуния, папайя, сладкий перец
7	Парагвай	2.6	Соя
8	Южно-Африканская Республика	1.8	Кукуруза, соя, хлопчатник

* Международная служба по применению агро-биотехнологий

9	Уругвай	0.5	Соя, кукуруза
10	Филиппины	0.3	Кукуруза
11	Австралия	0.1	Хлопчатник
12	Испания	0.1	Кукуруза
13	Мексика	0.1	Хлопчатник, соя
14	Колумбия	<0.1	Хлопчатник, гвоздика
15	Чили	<0.1	Кукуруза, соя, рапс
16	Франция	<0.1	Кукуруза
17	Гондурас	<0.1	Кукуруза
18	Чехия	<0.1	Кукуруза
19	Португалия	<0.1	Кукуруза
20	Германия	<0.1	Кукуруза
21	Словакия	<0.1	Кукуруза
22	Румыния	<0.1	Кукуруза
23	Польша	<0.1	Кукуруза

По состоянию на 2007 год в сортовой список Евросоюза занесено около 50 сортов ГМ-кукурузы, семена и материал для размножения которой можно распространять в пределах Евросоюза. С другой стороны, с 1998 года разрешено выращивать только устойчивую Bt кукурузу (MON810). Этот сорт кукурузы выращивается в Евросоюзе примерно на 110 тысячах гектаров земли, главным образом, в Испании, Франции, Чехии, Португалии, Германии, а в последние годы еще и в Словакии, Польше и Румынии. По сравнению с 2006 годом выращивание Bt кукурузы заметно увеличилось, а по данным ЕвроБио даже на 77%.

До внедрения на рынок, все ГМО, а также и возможные риски, связанные с их использованием, оцениваются научным комитетом. На основе этой оценки соответствующим учреждениям предлагается запретить данное ГМО или выдать разрешение на его использование. В Эстонии безопасность разведения ГМО оценивает Комиссия по генной технологии, тогда как разрешения на внедрение ГМО дает министр окружающей среды. Решения, касающиеся генетически модифицированных продуктов питания и животных кормов, принимаются на уровне Европейского Союза. Выданные разрешения требуется обновлять каждые 10 лет.

Если ГМО уже разрешен к использованию, то производитель обязан и в дальнейшем наблюдать за последствиями длительного воздействия этого ГМО на людей, животных, окружающую среду. Как только обнаружится



какая-то опасность, использование этого ГМО прекращается, разрешение аннулируется, и ГМО удаляется как из производства, так и с рынка. Кроме производителя, за воздействием ГМО следят также научные и инспекционные учреждения.

Что бы было легче наблюдать за судьбой ГМО на рынке, все ГМО, получившие разрешение к использованию, получают свой уникальный код. Этот товарный код, состоящий из цифр и букв, у каждого ГМО исключителен, также как и личный код у каждого человека. Все ГМО должны быть промаркированы, начиная с момента их выращивания до этапа получения конечного продукта, будь то пирожное, мука, масло или любой другой продукт .

ГМО внешне очень похожи на традиционную культуру, и обычно отличить их по внешнему виду от немодифицированных организмов невозможно. Поэтому при совместном выращивании семян трудно избежать засорения чистого сорта генетически модифицированным. Особенно высок риск засорения в случае ветроопыляемых растений, когда пыльца может разноситься ветром на расстояние в несколько километров. Также семена могут просто механически перемешаться. В районах, где ГМ-растения используются уже многие годы, трудно найти семена на 100% свободные от ГМО. Для преодоления этой проблемы в некоторых странах приняты определенные нормы, ниже которых разрешается загрязнение ГМО, а выше – уже необходимо маркировать семена, как ГМО-содержащие. В государствах - членах Евросоюза маркировка семян отличается, нормы маркировки колеблются в пределах от 0 до 0.9%, единая норма еще не действует.

В законодательстве большинства государств-членов узаконены требования для совместного выращивания обычных и ГМ-сельскохозяйственных культур, чтобы предотвратить их генетическое смешивание. Большой частью они охватывают обращение с ГМ-сельскохозяйственными культурами, обучение пользователей и обязательное извещение соседей о намерении использовать для выращивания ГМ-сельскохозяйственные культуры. Корректное обращение с ГМ-сельскохозяйственными культурами гарантирует прежде всего введение дистанции во время выращивания между ГМ-сельскохозяйственной культурой и таким же биологическим генетически неизменным видом, точно такие же требования к транспортировке и хранению, к чистке оборудования и технике, которые использовались при производстве.

Анализ риска

Многие ГМО уже нашли свою дорогу на поля и рынок. В то же время использование некоторых ГМО запрещено или временно приостановлено. Прежде чем ГМО получит разрешение к употреблению, необходимо провести анализ риска, в ходе которого определяются все возможные опасности, связанные с ГМО, вероятность их возникновения, а также последствия использования ГМО.

Каждый ГМО уникален. Также неповторим и анализ риска любого из них, и результаты анализов разных ГМО различны. Поэтому не существует общепринятой процедуры анализа риска, определяющего степень опасности (или безопасности) различных ГМО.

Анализ риска обеспечивает систематическое и всем доступное накопление и оценивание данных, на основе которых позже принимаются решения об использовании или запрещении ГМО.

Проведение анализа риска имеет долгую историю. Это постоянно развивающийся и изменяющийся процесс, состоящий как из количественных, так и из качественных элементов. При этом во всех случаях проведения анализа имеются общие идеи, и всегда можно выделить три простых, тесно связанных между собой и логически вытекающих друг из друга, ступени.

1. Определение возможной опасности и её оценивание.

Для определения опасности в первую очередь следует уточнить два вопроса – чего конкретно мы боимся, что может случиться? И второй, – какие основания у наших опасений?

Первый шаг в этом случае - определить биологическое, химическое или физическое свойство ГМО, которое может причинить вред людям или окружающей среде. Например, ГМО может быть токсичным или обладать болезнетворным действием.

Опасность может носить прямой или косвенный характер, может проявляться сразу или спустя некоторое время, а также может обладать кумулятивной (накапливающейся) активностью.

Пример непосредственной опасности ГМО – токсичность: насекомое съедает ГМ растение и умирает.

Примером косвенной опасности может быть ГМ растение, продуцирующее какой-либо белок, теперь уже не токсичный для насекомых. Поэтому насекомые, съедая такое растение, не получают никакого вреда. Но в то же время этот белок может быть опасен для птиц, питающихся насекомыми. Например, он может влиять на скорлупу яиц, делая её менее прочной. Высиживая птенцов, птица просто раздавит такие яйца, и птенцы погибнут. Другим примером косвенной опасности может быть нарушение пищевой цепи – токсин, вырабатываемый растением, вызывает гибель съевших его насекомых. В результате птицы, питающиеся насекомыми, не получают достаточно пищи. Косвенное влияние трудно оценить, т.к. для этого требуется знание и понимание всего происходящего в экосистеме. Прямая опасность проявляется спустя очень короткий промежуток времени, и в таком случае связь с ГМО проследить легко. Тогда как косвенная опасность может проявить себя много позже, даже через несколько поколений. Кумулятивная опасность также проявляется по истечении времени, но при этом её составляющие накапливаются, взаимодействуют друг с другом и все вместе дают совсем иной результат, чем каждый из них мог бы дать в отдельности.

Анализ риска ГМО базируется на его сравнении с обычными, неизменёнными организмами того же вида или, что более предпочтительно, с другими ранее созданными линиями, в случае достаточно большого внутривидового варьирования. Например, после введения нового гена микроорганизм стал патогенным, и в этом случае патогенность – это новое свойство организма, а также и опасность, вероятность возникновения и последствия которой необходимо оценивать.

Довольно сложно прогнозировать опасность, сопутствующую скрещиванию ГМО с неизменёнными культурными растениями или с дикорастущими родственными видами. Само по себе скрещивание не опасно, если при этом потомство не наследует свойства, влияющие в дальнейшем на его поведение. Если же, например, при скрещивании передаётся ген устойчивости к гербициду, то это явная опасность для сельского хозяйства – гибридные сорняки перестают поддаваться обработке этим гербицидом. Гибриды становятся опасными тогда, когда они сохраняют жизнестойкость и способность расширить свой ареал в природе. Гибриды, не способные произвести потомство, не представляют опасности.



2. После прогнозирования потенциальных опасностей, связанных с использованием ГМО, следующий этап – оценка вероятности и возможности, что предсказанное действительно произойдёт.

Вероятность реализации опасности может отсутствовать, может быть минимальной, низкой, средней (заметной) и высокой. Также существенны масштабность использования или выращивания ГМО. Учитывая два параметра – вероятность и масштабность использования ГМО – можно определить абсолютное значение или возможность реализации предсказанной опасности.

Маленькая опасность однажды может реализоваться с большой вероятностью. В случае выращивания на больших площадях нужно быть осмотрительным и при маленькой вероятности. Например, известно свойство ГМО: при употреблении его в пищу часто и в больших количествах с большой вероятностью появится аллергия. Если это ГМО в нашей диете растение малозначимое и чаще всего никто его в таких больших количествах не употребляет, тогда вероятность появления аллергии либо отсутствует, либо существенно меньше, как в случае, если бы это было бы обычное, ежедневно употребляемое в пищу часто используемое ГМО.

При оценке вероятности появления опасности и возможности её реализации учитываются распределение источника опасности (ГМО) в пространстве, используемое количество ГМО, изменение его свойств в зависимости от условий окружающей среды и т.д. Например, чем больше белка-инсектицида (т.е. ядо-

витого для насекомых) продуцирует растение, тем выше вероятность того, что вредители будут погибать в большем количестве. Если на поле всего несколько таких растений, то из всей популяции пострадает всего несколько особей.

Если ГМ растения выращиваются сплошным монокультурным полем, то насекомые имеют меньше шансов избежать вредного для них воздействия, чем в случае поля, раздробленного на участки, где между ГМ встречаются островки обычных неизменённых растений.

3. Два множителя – возможная опасность и вероятность её возникновения – вместе определяют риск. Риск – это качественная или количественная оценка конкретной опасности, которую это ГМО может представлять для людей или окружающей среды, а также оценка возможных последствий.

Риск охватывает:

1. информацию (знания) и неуверенность (то, что ещё неизвестно)
2. анализ и оценку ситуации
3. выводы и дальнейшую деятельность (так называемое управление риском)

Риск можно дефинировать как вероятность возникновения каких-нибудь неблагоприятных событий и значимость их последствий. Т.е. ДОЛЖНА существовать какая-нибудь ОПАСНОСТЬ, хотя при этом возможны также и неуверенность или незнание, что эта опасность реализуется. Существование такой неуверенности требуется установить в процессе оценки риска, и при принятии решения её обязательно нужно учитывать.

Также необходимо принимать во внимание и перспективы успешного управления этим риском. Например, в ситуации, когда опасность действительно существует, а вероятность её возникновения велика, очень важно уметь удерживать эту опасность под контролем. Если это удастся легко, уровень такого риска всё-таки акцептировать можно.

В заключение можно сказать, что в ходе анализа риска выявляются возможные опасности, характеризуются риски, описываются сомнительные аспекты и предположения, и делаются соответствующие выводы. Анализ риска оказывает помощь при принятии решения, но при этом он не даёт окончательного ответа, а скорее более точно характеризует проблемы и возможные способы их преодоления. Следующая стадия - это управление риском, т.е. осуществление какого-либо варианта преодоления проблемы. Только после проведения всех перечисленных этапов принимается решение о запрещении или разрешении использовать ГМО.

Управление риском, принцип предосторожности

Для планирования последующей деятельности нужно постараться ответить на такие вопросы:

1. Что можно сделать для того, чтобы сдержать риск или его уменьшить?
2. Насколько эти методы выполнимы и эффективны?
3. Какое влияние окажет применение этих методов?
4. Каков уровень неуверенности?
5. Какие будут окончательные действия?

Для снижения риска при выращивании ГМ растений в большинстве случаев используются традиционные сельскохозяйственные методы. Например, для того чтобы избежать привыкания и невосприимчивости насекомых-вредителей к ядам, нельзя выращивать ядохлещующие растения несколько лет подряд на одном и том же поле. Для того чтобы уменьшить возможности перекрёстного опыления ГМ растения с обычными сортами, поле с ГМ растениями должно находиться на определённом расстоянии от других полей; можно использовать т.н. растения-ловушки, которые будут улавливать ГМ пыльцу; можно выращивать ГМ растения, цветущие раньше или позже обычных растений, и т.д. Естественно, все эти меры индивидуальны для каждого конкретного случая. Например, пыльца кукурузы тяжёлая и не распространяется дальше нескольких десятков метров, тогда как пыльца рапса может разлетаться на несколько километров. Поэтому и меры для предотвращения перекрёстного опыления в этих случаях предпринимаются различные.

К числу методов управления риском относится и дальнейший анализ состояния окружающей среды. Т.е. после введения ГМО в экосистему наблюдения за окружающей средой должны продолжаться – необходимо следить за перекрёстным опылением, распространением ГМО за пределами места выращивания, определять устойчивость ГМО после уборки, его влияние на экосистему, и т.д.

В случае, если нет абсолютно точных доказательств безопасности ГМО, но всё же есть веские основания считать, что этот ГМО может быть опасен для окружающей среды или человека, применяется т.н. принцип предосторожности. В соответствии с ним ГМО не допускается к использованию, пока новые данные не подтвердят безопасности ГМО, или пока не будут предложены подходящие меры управления риском, применяя которые будет возможно удерживать все вероятные опасности под контролем.

Для применения принципа предосторожности необходимо наличие двух факторов:

1. существование потенциально негативного влияния;
2. отсутствие достаточного количества научных данных, и, как следствие, невозможность объективно оценить этот потенциальный риск.

Принцип предосторожности не заменяет научного анализа риска. Его следует применять согласованно с общими правилами проведения анализа.

Практический анализ риска

Далее проведём анализ риска четырёх гипотетических ГМО и попробуем сделать вывод, какое влияние они могли бы оказать на природу и людей Эстонии. Естественно, это очень упрощённые примеры, реальная жизнь значительно сложнее и многогранней, и принятие решения вовсе не такая лёгкая задача. В действительности для организма-донора (это организм, чей ген вводится в ГМО) и для этого гена или участка гена анализы риска проводятся отдельно. Также отдельно анализируется вектор, т.е. организм (обычно бактерия или вирус), с помощью которого ген или участок гена вводится в ГМО. И только тогда анализируется ГМО – организм, в котором проявляется новый ген. Здесь упрощённо описывается только этот последний этап.

Пример 1.

Линия рапса, в который введён ген, делающий его толерантным к гербициду ГРБ1. Остальные свойства точно такие же, как у обычного рапса.

Рапс предназначен для выращивания по всей территории Эстонии в качестве масличной культуры.

1. **Определение опасности и её оценка:**
 - а) 1-ая опасность: возникновение толерантности к гербициду ГРБ1
 - б) 2-ая опасность: перенос толерантности к гербициду на неизменённые сорта рапса, а также на дикие родственные виды, что потенциально является основанием к возникновению новых, не чувствительных к ГРБ1, растений.
2. **Оценка вероятности, что опасность реализуется:**
 - а) в отношении 1-ой опасности: до сих пор не было известно случаев возникновения толерантности к гербициду ГРБ1, хотя его используют уже в течение нескольких десятков лет на больших площадях. Возможность реализации опасности очень мала.
 - б) в отношении 2-ой опасности: рапс это ветроопыляемое растение, его пыльца может переноситься на несколько километров. Созревшие семена рапса легко осыпаются и сохраняются в почве в течение 5 – 7 лет.



ГМ растения могут расти на поле ещё несколько лет после выращивания такого рапса, смешиваясь и скрещиваясь с последующими культурами. Рапс выращивается широко по всей территории Эстонии. Возможность реализации опасности велика.

3. Оценка риска:

Т.к. в Эстонии рапс выращивается широко, вероятность загрязнения неизменённых сортов рапса пылью ГМ рапса велика. В Европейском Союзе действует правило, в соответствии с которым не нужно маркировать те продукты или ГМО, которые содержат меньше 0.9% разрешённых ГМО, или 0.5% тех ГМО, для которых уже сделан научный анализ риска, и на основании которого уже предложено разрешить использовать данные ГМО, но которые (ещё) не получили разрешения к использованию. Посевные семена должны быть абсолютно свободными от ГМО.

В Эстонии произрастает несколько диких видов крестоцветных, которые потенциально могут скрещиваться с ГМ рапсом. В результате чего могут возникнуть гибридные сорняки, не чувствительные к ГРБ1.

Вывод: риск неприемлем.



Пример 2.

Линия кукурузы, в которую введён ген, делающий её толерантной к гербициду ГРБ2. Остальные свойства точно такие же, как у обычной кукурузы.

Кукуруза предназначена для выращивания в качестве кормовой культуры в Тартуском и Йыгеваском уездах, в каждом на 10 гектарах.

1. Определение опасности и её оценка:

- а) 1-ая опасность: возникновение толерантности к гербициду ГРБ2.
- б) 2-ая опасность: перекрёстное опыление с обычной кукурузой, распространение в природе гена толерантности к гербициду ГРБ2.

2. Оценка вероятности, что опасность реализуется:

- а) в отношении 1-ой опасности: до сих пор не было известно случаев возникновения толерантности к гербициду ГРБ2, хотя в Эстонии он используется уже в течение нескольких десятков лет. Кукурузу планируется выращивать на 20 гектарах, т.е. площадь, которая будет находиться под влиянием гербицида, относительно небольшая. Возможность реализации опасности низкая.
- б) в отношении 2-ой опасности: вероятность перекрёстного опыления мала, т.к. пыльца кукурузы далеко не распространяется. В Эстонии выращивается только кормовая кукуруза, которую убирают с полей до созревания семян. Семенную кукурузу в Эстонии не выращивают. Хотя в тёплые года некоторое количество семян может успеть созреть

и осыпаться, развитие жизнеспособных растений из таких семян невозможно.

Родственных видов кукурузы в Эстонии нет, таким образом, перенос гена к другим видам исключён. Вероятность реализации опасности практически отсутствует.

3. Оценка риска:

Даже в случае перекрёстного опыления ГМ кукурузы с обычной, содержание ГМО не превысило бы предельно допустимой в Европейском Союзе нормы в 0.9 или 0.5% (см. Пример 1). Посевная кукуруза, в которой содержание ГМО запрещено, в Эстонии не выращивается. Таким образом, перекрёстное опыление между ГМ и обычной кукурузой не нанесёт ущерба другим фермерам, выращивающим кукурузу. Риск отсутствует.

Поскольку кукурузу планируется выращивать на ограниченной площади, то возникновение у сорняков резистентности к гербициду маловероятно. И даже если она возникнет, то всё равно распространение гена толерантности к гербициду исключено, т.к. посевная кукуруза в Эстонии не выращивается, и родственные виды кукурузы также не растут.

Даже в случае возникновения толерантности к гербициду ГРБ2, новый вид кукурузы будет чувствителен к другим гербицидам, таким образом, его распространение возможно контролировать. В нашем климатическом поясе зимой кукуруза погибает, и без помощи человека потомства не даёт.

Вывод: риск акцептируется.

Пример 3.

Линия кукурузы, в которую введён ген, продуцирующий токсин, ядовитый для определённых видов гусениц, питающихся кукурузой. Кроме того, эта кукуруза продуцирует известный новый белок ПРОТ1. Остальные свойства точно такие же, как у обычной кукурузы.

Кукуруза предназначена для выращивания в качестве кормовой культуры по всей территории Эстонии. Использование в пищу запрещено.

1. Определение опасности и её оценка:

- а) 1-ая опасность: путём перекрёстного опыления перенос нового гена, и вместе с тем и способности продуцировать токсин, к другим сортам или родственным видам кукурузы.
- б) 2-ая опасность: возникновение невосприимчивости к этому токсину у насекомых.



в) 3-ая опасность: выработка яда. Токсин ядовит только для гусениц, питающихся кукурузой, но не для их бабочек. К нему чувствительны три вида гусениц: гусеницы обыкновенной медведицы, крапивницы и капустницы. Для других живых организмов этот токсин безвреден. Токсин блокирует нервную систему гусениц, они перестают испытывать чувство голода, больше не едят и в результате погибают.

г) 4-ая опасность: белок *PROT1* переваривается в пищеварительном тракте человека очень медленно, т.е. он является потенциальным аллергеном. В кишечнике животных этот белок усваивается быстро.

2. Оценка вероятности, что опасность реализуется:

а) в отношении 1-ой опасности: в Эстонии не растут родственные виды кукурузы. Вероятность переноса гена и распространения его в природе отсутствует.

б) в отношении 2-ой опасности: поскольку кукурузу планируется выращивать на ограниченной площади, количество насекомых, подвергающихся воздействию токсина в течение долгого времени, мало. Вероятность реализации опасности низкая.

в) в отношении 3-ей опасности: гусеницы, съевшие кукурузу, погибают. Вероятность реализации опасности высокая.

г) в отношении 4-ой опасности: чем дольше белок находится в пищевом тракте, тем выше вероятность возникновения аллергии. Поэтому этот белок классифицируется со средней вероятностью как потенциальный аллерген.

3. Оценка риска:

Кукуруза в Эстонии - культура малораспространённая и выращивается на небольших участках. Количество гусениц, питающихся этой кукурузой и в результате погибающих, небольшое. Данные виды бабочек в Эстонии широко распространены, и смерть некоторого числа особей в определённой местности не повредит всей популяции. Риск акцептируется.

Даже если возникнет популяция устойчивых к этому токсину насекомых, то это не повлияет значительно на сельское хозяйство в целом, т.к. этот токсин не используется для других полевых культур.

Хотя кукуруза предназначена только для корма скота, всегда есть вероятность, что какой-нибудь фермер злонамеренно или по незнанию может использовать её в качестве пищевого сырья для людей. Поскольку *ПРОТ1* трудно усваиваемый белок, он может вызвать у людей нарушения желудочно-желудочного тракта и аллергию. Хотя вероятность возникновения аллергии средняя, и до сих пор она не была доказана, риск всё-таки есть. В то же время эту кукурузу выращивают только как кормовую культуру, и годные в пищу человеку початки в Эстонии не вызревают. Поэтому риск использования этой кукурузы в качестве пищевого сырья практически исключён. Даже если было бы возможно получить съедобные початки, то число потребителей такой кукурузы было бы очень мало. Также и потребляемые количества не могут быть большими, из чего следует, что вероятность возникновения аллергии невысокая. Вывод: вероятность возникновения аллергии средняя, но число возможных потребителей очень ограничено, и потребляемые количества очень малы. Возможность производства аллергенных вредных продуктов в достаточно большом количестве и в течение долгого времени практически исключена.

Вывод: риск акцептируется (при условии строгого инструктажа фермеров о неупотреблении её в пищу).

Пример 4.

Сорт картофеля, в который введён ген, продуцирующий новый белок ПРОТ2. Остальные свойства точно такие же, как и у обычного картофеля. Картофель планируется выращивать по всей территории Эстонии с целью получения крахмала.

1. Определение опасности и её оценка:

- а) 1-ая опасность: перенос нового гена путём перекрёстного опыления к другим сортам картофеля или к дикорастущим видам.
- б) 2-ая опасность: белок *ПРОТ2* переваривается в пищеварительном

тракте человека очень медленно, т.е. он является потенциальным аллергеном. В организме животных этот белок усваивается быстро.

2. Оценка вероятности, что опасность реализуется:

а) в отношении 1-ой опасности: родственные виды картофеля, дикорастущие в Эстонии, это обычный и чёрный паслен. Они не скрещиваются с картофелем. Вероятность перекрёстного опыления с дикорастущими родственными видами отсутствует. Но вероятность того, что цветочная пыльца ГМ картофеля может перенестись на другие картофельные поля, высокая.

б) в отношении 2-ой опасности: чем дальше белок находится в пищевом тракте, тем выше вероятность возникновения аллергии. Поэтому этот белок классифицируется со средней вероятностью как потенциальный аллерген.

3. Оценка риска:

Картофель не выращивается из семян, поэтому перекрёстное опыление не представляет опасности для сельского хозяйства.

Хотя картофель предназначен только производства крахмала, всегда есть вероятность, что он попадёт и в пищу человеку. Поскольку *ПРОТ2* трудно усваиваемый белок, он может вызвать у людей нарушения желудочно-кишечного тракта и аллергию. Хотя вероятность возникновения аллергии средняя, и до сих пор она не была доказана, риск всё-таки есть.

Картофель в Эстонии используется в пищу повсеместно, ежедневно и в больших количествах. Хотя этот сорт картофеля предназначен только для промышленного использования, в данном случае нельзя исключить его злонамеренное или случайное проникновение в пищу человека. Без наложения дополнительных ограничений риск неприемлем.

Вывод 1: риск неприемлем.

Применяя дополнительные ограничения, возможно уменьшить до минимума вероятность попадания ГМ картофеля в пищу человека.

Вывод 2: риск акцептируется после того, как ходатайствующий предоставит план мер для предотвращения случайного попадания ГМ картофеля в пищу человека и обязуется оповестить общественность об опасности, связанной с употреблением этого картофеля в пищу.

Выращивание ГМО в мире

# 1 США* 57.7 миллионов га Соя, кукуруза, хлопчатник, рапс, папайя, донник, кабачок	# 8 Южно-Африканская Республика* 1.8 миллион га Кукуруза, соя, хлопчатник	# 16 Франция <0.05 миллионов га Кукуруза
# 2 Аргентина* 19.1 миллион га Соя, кукуруза, хлопчатник	# 9 Уругвай* 0.5 миллионов га Соя, кукуруза	# 17 Гондурас <0.05 миллионов га Кукуруза
# 3 Бразилия* 15.0 миллионов га Соя, хлопчатник	# 10 Филиппины* 0.3 миллион га Кукуруза	# 18 Чехия <0.05 миллионов га Кукуруза
# 4 Канада* 7.0 миллионов га Рапс, кукуруза, соя	# 11 Австралия* 0.1 миллион га Хлопчатник	# 19 Португалия <0.05 миллионов га Кукуруза
# 5 Индия* 6.2 миллион га Хлопчатник	# 12 Испания* 0.1 миллион га Кукуруза	# 20 Германия <0.05 миллионов га Кукуруза
# 6 Китай* 3.8 миллионов га Хлопчатник, помидоры, тополь (осина), петуния, папайя, сладкий перец	# 13 Мексика* 0.1 миллион га Хлопчатник, соя	# 21 Словакия <0.05 миллионов га Кукуруза
# 7 Парагвай* 2.6 миллионов га Соя	# 14 Колумбия <0.05 миллион га Хлопчатник, гвоздика	# 22 Румыния 0.05 миллионов га Кукуруза
	# 15 Чили <0.05 миллионов га Кукуруза, соя, рапс	# 23 Польша <0.05 миллионов га Кукуруза

* 13 государств, которые выращивают ГМО на 50 000 га и более согласно Клив Джеймсу, 2007 год

