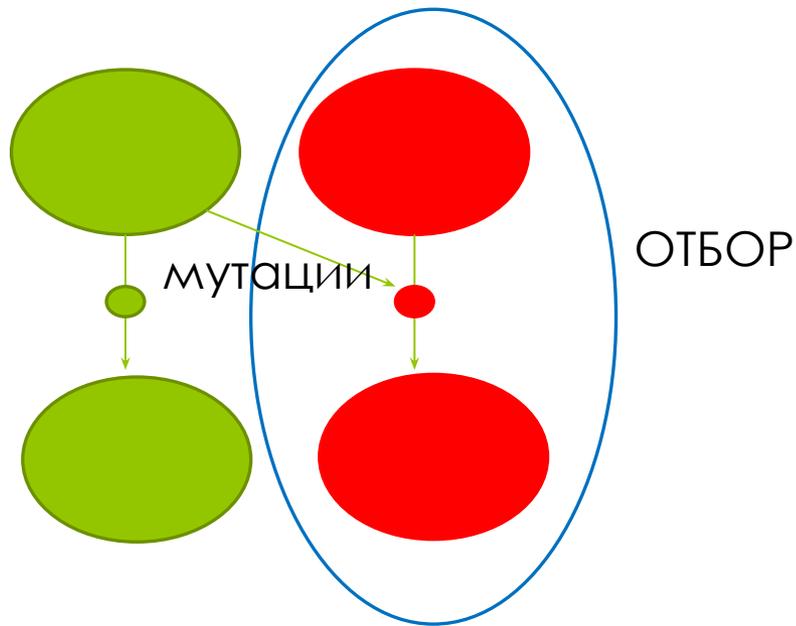


ГМО: мифы и реальность

Бизяев Н.С., каф.
биохимии

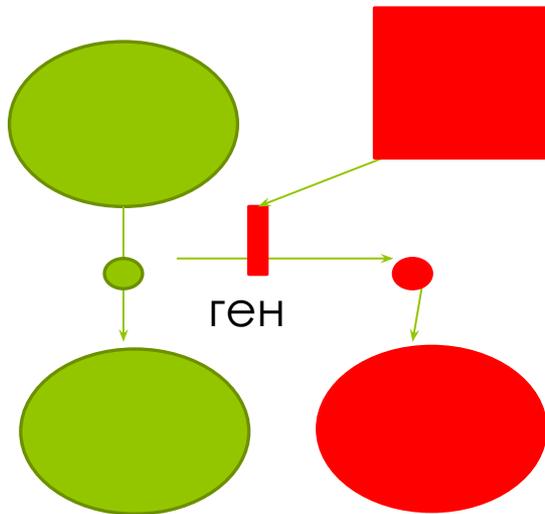
2016

Традиционная селекция

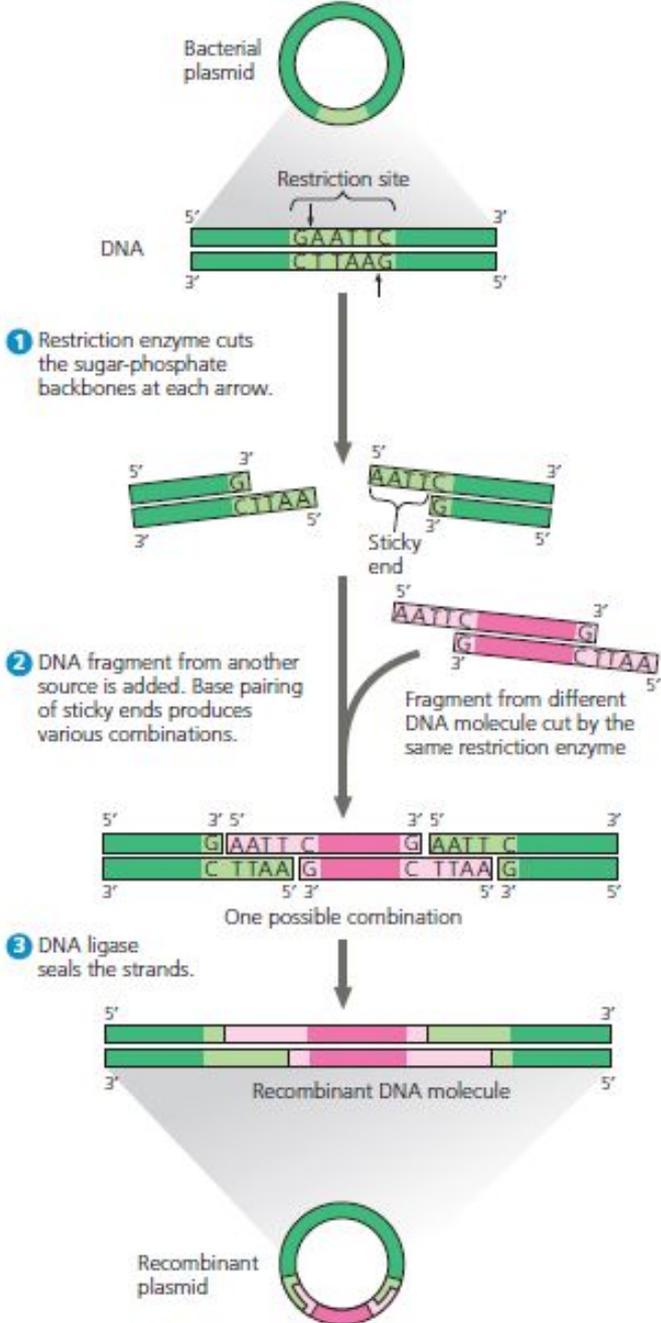


- Барьеры к межвижовому скрещиванию
- Трудность избавления от вредных сопутствующих свойств
- Время

Генетическая инженерия

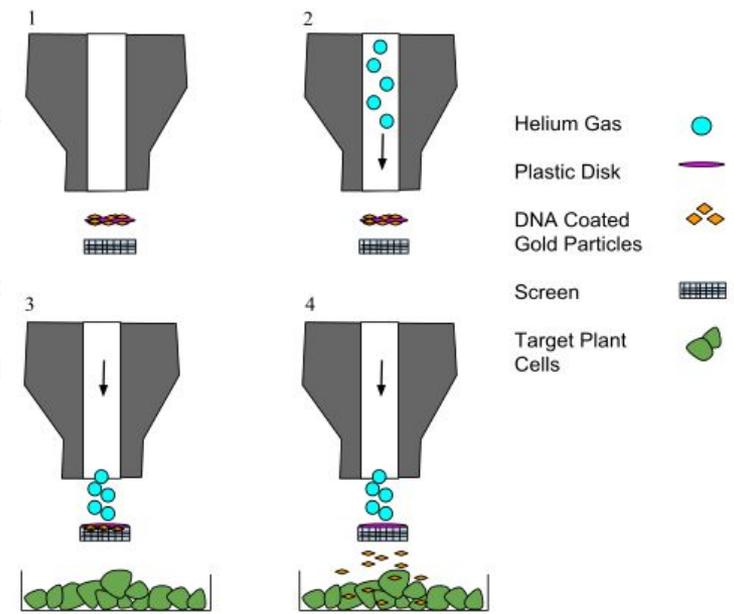
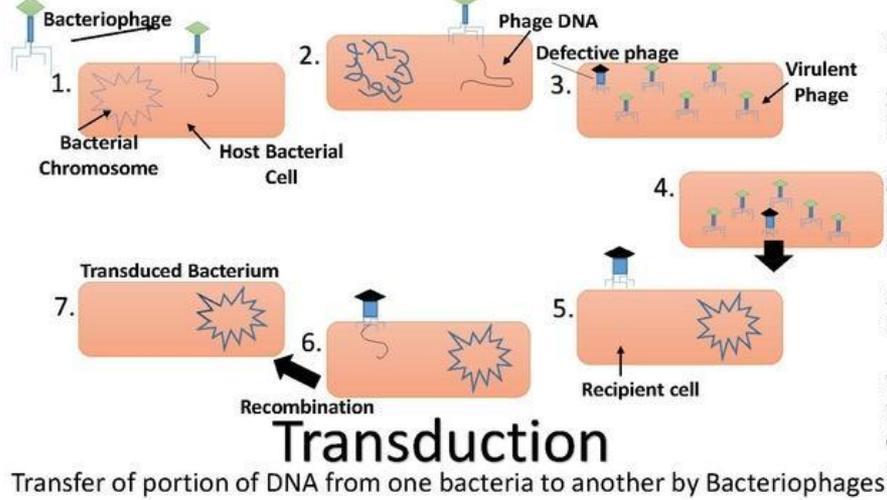


- Введение всего нескольких целевых генов
- Можно также отключить собственные гены

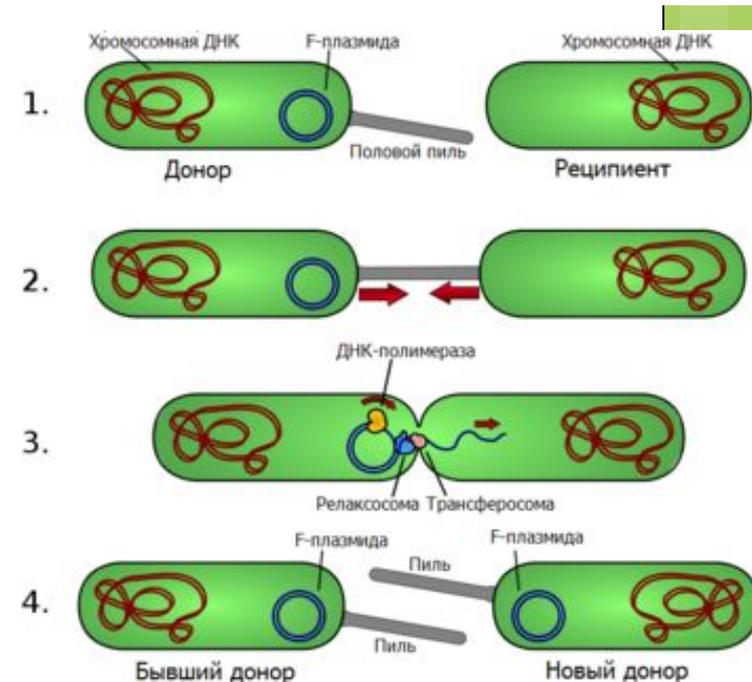


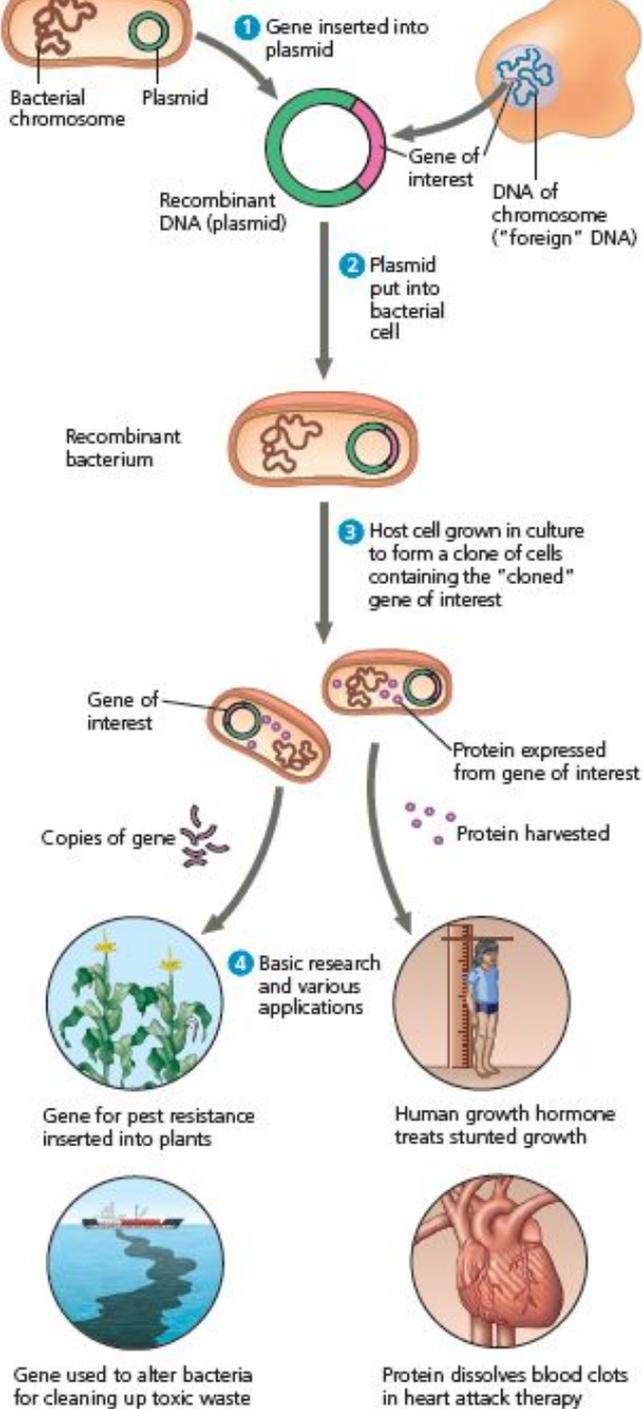
Метод рекомбинантной ДНК

Можно собрать трансген по частям из различных организмов (**ген-антифриз** из рыбы в плазмиду агробактерии с **промотором** вируса мозаики, **селективный ген** устойчивости из транспозона)



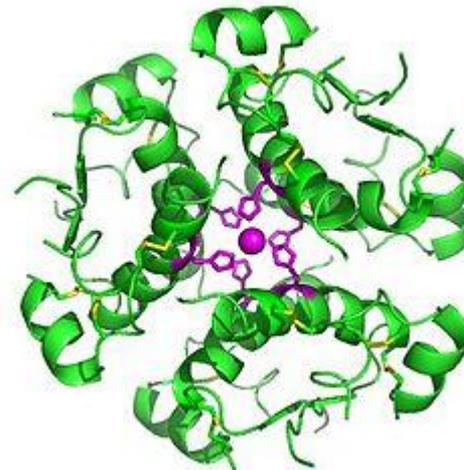
- Трансформация
- Генная пушка
- Трансдукция
- Агенты переноса генов
- Конъюгация
- Ti-/Ri-плазмиды агробактерий



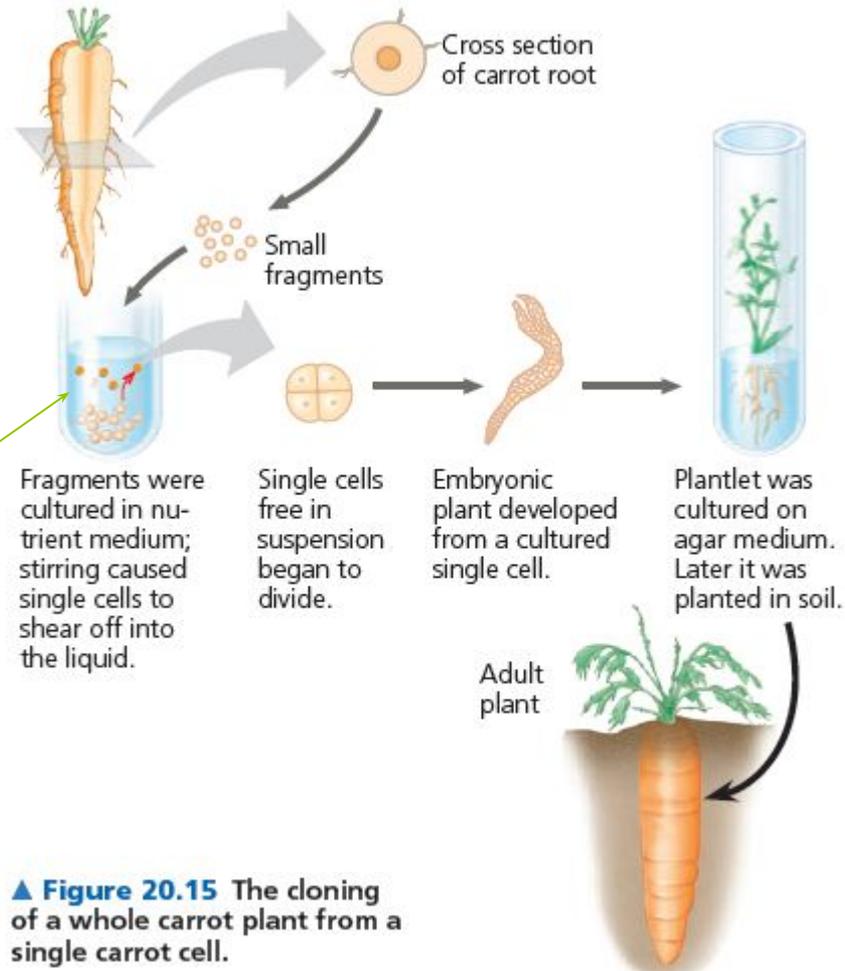


Трансгенные бактерии

- Нарabотка трансгенов
- Нарabотка трансгенных белков (инсулин)



Трансгенные растения



▲ **Figure 20.15** The cloning of a whole carrot plant from a single carrot cell.

трансген

УСТОЙЧИВСТЬ К ВИРУСАМ

- Трансген: генс вирусной оболочки или вирусных ферментов, на продукт которых срабатывает система РНК-интерференции
- ГМО-папья, ГМО-картофель

устойчивость к гербицидам

- мутация белка-мишени (глифосфат, сульфонилмочевина, имидазолион)
- дезактивация гербицида (глюфозинат аммония)
- ГМО-СОЯ – устойчивость к глиофосфату. Плохо растет вместе с сорняками. Внедряется мутантный бактериальный ген фермента-мишени. Глиофосфат для человека безвреден и быстро разлагается. Мутантный фермент переваривается. Зато много «страшилок» про данную сою!



биопестициды

- Вt-токсины: высокоспецифичное семейство токсинов *Bacillus thuringiensis* (как минимум до отрядов) – активируются в ЖКТ насекомых, присоединяются к рецепторам клеток и вызывают образование пор. Безвреден для человека.
- Трансген с фоточувствительным промотором (в листьях экспрессия больше, чем в клубнях). В клубнях: 0,09 мкг на 1 г клубней
- ГМО-кукуруза, ГМО-хлопок, ГМО-картофель



ПОЛЕЗНЫЕ СВОЙСТВА

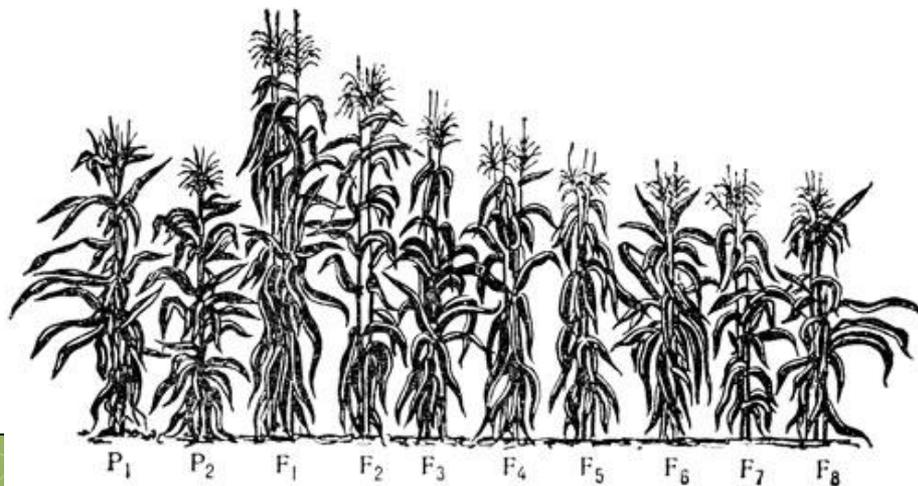
- снижение или повышения содержания определенных веществ «игрой» экспрессией ферментов: состав продукта, его цвет, время хранения и т. Д.
- ГМО-картофель, ГМО-помидоры, ГМО-цветы

Petunia hybrida, слева – дикий тип, справа – трансгенный сорт



фертильная пыльца

- Для гетерозиса нужно исключить самоопыление
- Ген *Bacillus amyloliquefaciens*, кодирующий РНКазу с тканеспецифичным промотором, ингибирует продукцию пыльцы у опыляемого растения
- Ген *Bacillus amyloliquefaciens* у опылителя ингибирует РНКазу, что восстанавливает фертильность пыльцы

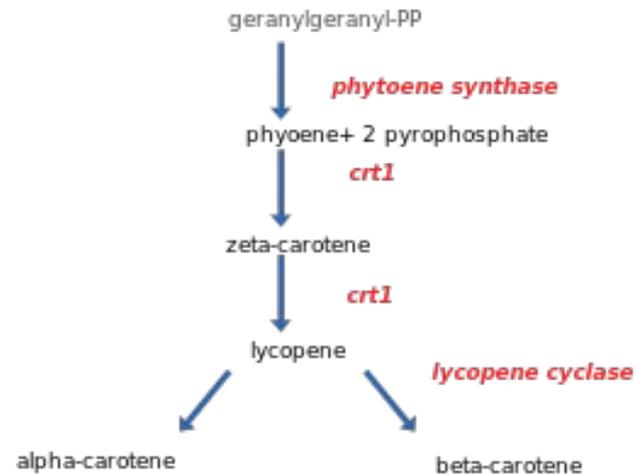


Золотой рис

- трансгенный рис (3 гена) с системой синтеза каротинов



ГИПОВИТАМИНОЗ А в мире



перспективы трансгенных растений

- Повышение устойчивости к абиотическим факторам (осмопротекторы и пр.)
- Повышение урожайности
- Изъятие аллергенов и вредных веществ
- Добавление полезных веществ
- «Биореакторы» для синтеза веществ
- «Съедобные» вакцины: поедаемые растения с трансгенными эпитопами
- Очистка почвы с генами бактерий
- Регулирование численности природных популяций: трансгенные растения с антигенами к сперматозоидам (?)

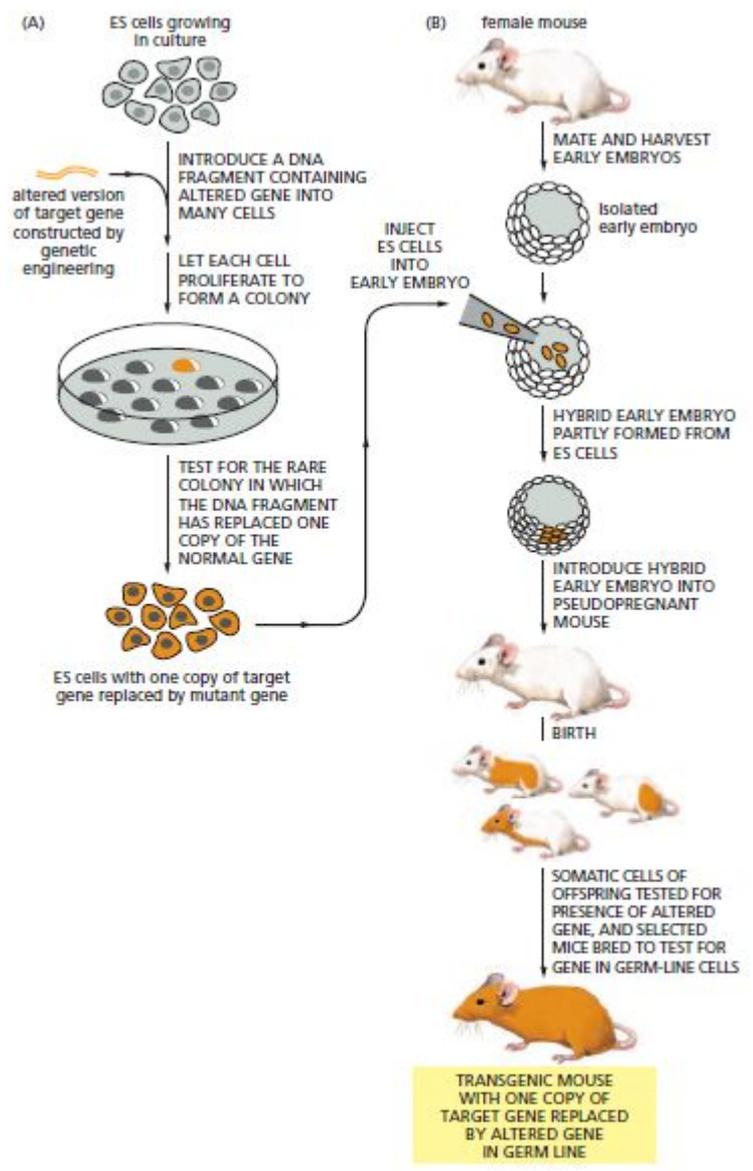
Т а б л и ц а 3. Перечень допущенных к использованию в хозяйственной деятельности трансгенных сортов сельскохозяйственных растений

Название культуры	Количество трансгенных «СОБЫТИЙ»	Фенотипический признак
Рапс аргентинский	3	Устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфозинату аммония)
Рапс аргентинский	1	Модифицировано содержание жирных кислот в семенах, особенно высокие уровни лаурата и образования миристиновой кислоты
Рапс аргентинский	2	Модифицировано содержание жирных кислот в семенах, особенно высокое содержание олеиновой кислоты и низкое – линоленовой
Рапс аргентинский	1	Устойчивость к оксиниловым гербицидам, включая бромксинил и иоксинил
Рапс аргентинский	5	Система контроля опыления: мужская стерильность/восстановление фертильности; устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфозинату аммония)
Рапс аргентинский	2	Устойчивость к гербициду глифосату
Гвоздика	1	Увеличенный срок хранения благодаря снижению накоплению этилена путем введения усеченного гена аминокicloпропан циклаза синтазы; устойчивость к сульфонилмочевинным гербицидам (триасульфурону и метсульфурон-метилу)
Гвоздика	2	Модификация окраски цветка; устойчивость к сульфонилмочевинным гербицидам (триасульфурону и метсульфурон-метилу)
Цикорий	1	Мужская стерильность; устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфозинату аммония)
Хлопчатник	2	Устойчивость к чешуекрылым насекомым (мотылькам), включая (но не только) хлопковую совку, розового коробочного червя хлопчатника, совку <i>Heliothis virescens (tobacco budworm)</i>
Хлопчатник	1	Устойчивость к сульфонилмочевинным гербицидам (триасульфурону и метсульфурон-метилу)
Хлопчатник	1	Устойчивость к оксиниловым гербицидам, включая бромксинил и иоксинил
Хлопчатник	1	Устойчивость к чешуекрылым насекомым (мотылькам); устойчивость к оксиниловым гербицидам, включая бромксинил
Хлопчатник	1	Устойчивость к гербициду глифосату
Хлопчатник	1	Устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфозинату аммония)
Лен	1	Устойчивость к сульфонилмочевинным гербицидам (триасульфурону и метсульфурон-метилу)
Кукуруза	3	Устойчивость к гербициду глифосату
Кукуруза	1	Устойчивость к кукурузному корневому червю (чешуекрылые, виды <i>Diabrotica sp.</i>)
Кукуруза	2	Устойчивость к имидазолиновым гербицидам
Кукуруза	2	Устойчивость к европейскому кукурузному точильщику (мотыльку <i>Ostrinia nubilalis</i>); устойчивость к глифосатным гербицидам
Кукуруза	1	Устойчивость к имидазолиновым гербицидам (имазетапиру)
Кукуруза	3	Мужская стерильность; устойчивость к фосфино-трициновым гербицидам (глюфозинату аммония)
Кукуруза	5	Устойчивость к европейскому кукурузному точильщику (мотыльку <i>Ostrinia nubilalis</i>); устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфозинату аммония)
Кукуруза	2	Устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфозинату аммония)

Кукуруза	2	Устойчивость к европейскому кукурузному точильщику (мотыльку <i>Ostrinia nubilalis</i>) и гербициду глифосату
Кукуруза	1	Устойчивость к циклогексановым гербицидам (сетоксидину)
Дыня	1	Удлинение сроков созревания благодаря встраиванию гена, который приводит к деградации предшественника растительного гормона этилена
Папайя	1	Устойчивость к вирусной инфекции, к вирусу кольцевой пятнистости папайи (PRSV)
Рапс польский (турнепс)	1	Устойчивость к гербициду глифосату
Рапс польский (турнепс)	1	Устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфозинату аммония)
Картофель	1	Устойчивость к колорадскому жуку (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> , Say)
Картофель	1	Устойчивость к колорадскому жуку (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> , Say); устойчивость к (лютео)вирусу скручивания листьев картофеля (PLRV)
Картофель	1	Устойчивость к колорадскому жуку (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> , Say); устойчивость к Y вирусу картофеля (PVY)
Рис	1	Устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфозинату аммония)
Рис	1	Устойчивость к имидазолиновым гербицидам
Соя	1	Устойчивость к гербициду глифосату
Соя	1	Модификация содержания жирных кислот в семенах, особенно высокая экспрессия олеиновой кислоты
Соя	4	Устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфозинату аммония)
Соя	1	Модификация содержания жирных кислот в семенах (низкое содержание линоленовой кислоты)
Кабачки	1	Устойчивость к вирусной инфекции; вирусу 2 мозаики арбуза (WMV), вирусу желтой мозаики цуккини (ZYMV)
Кабачки	1	Устойчивость к вирусной инфекции; вирусу мозаики огурцов (CMV), вирусу 2 мозаики арбуза (WMV), вирусу желтой мозаики цуккини (ZYMV)
Сахарная свекла	1	Устойчивость к фосфинотрициновым гербицидам (глюфозинату аммония)
Сахарная свекла	1	Устойчивость к гербициду глифосату
Табак	1	Устойчивость к синильным гербицидам, включая бромксинил и иоксинил
Томаты	1	Удлинение сроков созревания благодаря интродукции гена, который приводит к деградации предшественника растительного гормона этилена
Томаты	2	Удлиненный период хранения: плоды дольше сохраняют упругость благодаря подавлению активности фермента, расщепляющего пектин – полигалактуроназы
Томаты	1	Удлинение сроков созревания благодаря интродукции гена, который приводит к деградации предшественника растительного гормона этилена
Томаты	1	Устойчивость к чешуекрылым насекомым (мотылькам), включая (но не только) хлопковую совку, розового коробочного червя хлопчатника, совку <i>Heliothis virescens</i> (<i>tobacco budworm</i>)
Томаты	1	Удлинение сроков созревания благодаря пониженному накоплению этилена из-за введения усеченного гена аминокциклопропан циклаза синтазы



Трансгенные ЖИВОТНЫЕ



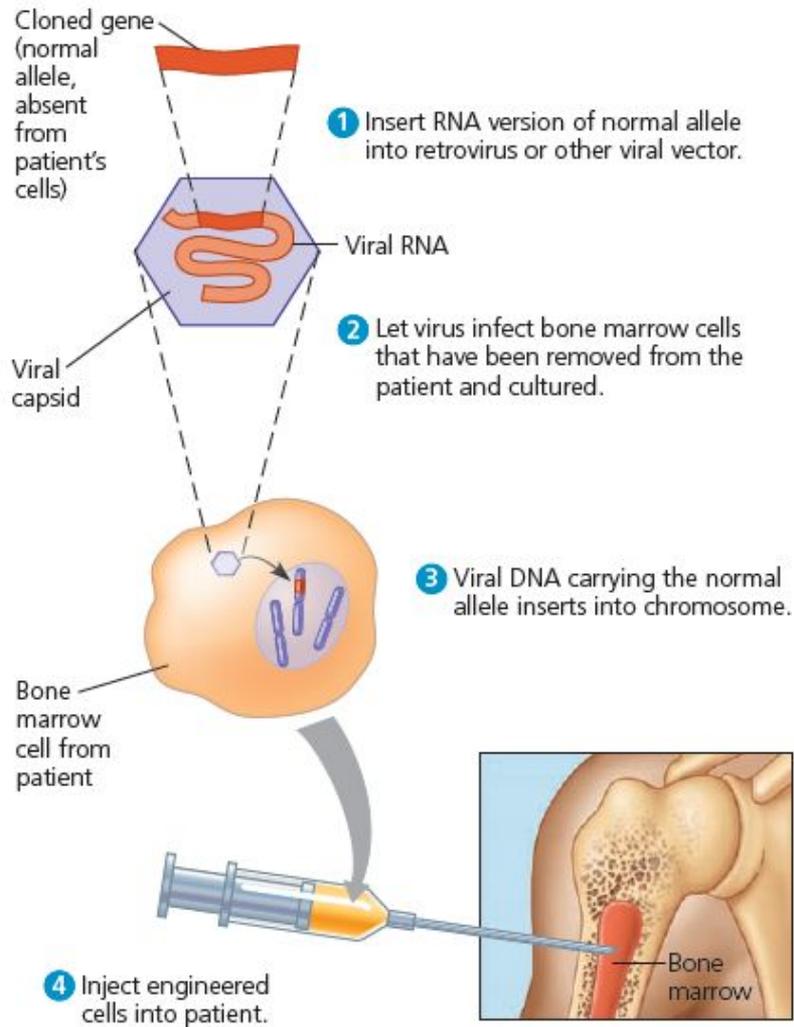
перспективы Трансгенные Животные

- Животные с повышенным иммунитетом
- Рыбы с усиленным гормоном роста
- Свиньи с улучшенным усвоением питательных веществ
- Овцы с более качественной шерстью
- Коровы с неаллергенным молоком
- «Биореакторы»



▲ **Figure 20.23** Goats as “pharm” animals. This transgenic goat carries a gene for a human blood protein, antithrombin, which she secretes in her milk. Patients with a rare hereditary disorder in which this protein is lacking suffer from formation of blood clots in their blood vessels. Easily purified from the goat’s milk, the protein is used to prevent blood clots in these patients during surgery or childbirth.

Генетическая инженерия



▲ **Figure 20.22** Gene therapy using a retroviral vector. ▲

Установить 100%-ю безопасность любых пищевых продуктов научно невозможно. Однако генетически-модифицированные продукты проходят подробные исследования, которые базируются на современных научных знаниях.

Потенциальные опасности:

- появление побочных продуктов/введение вредных
- недостаточно долгий контроль
- случайное влияние на 3 сторону
- аллергенность
- перенос трансгенов в экосистемы
- увеличение использования гербицидов

Таблица 7. Система обеспечения безопасности в соответствии с проектом Закона Республики Беларусь «О безопасности генно-инженерной деятельности» (на примере генно-инженерных сортов сельскохозяйственных растений)

Ступени	Исполнитель
I ступень: Создание генно-инженерных организмов	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Выбор генов для трансгеноза, изучение их свойств и свойств протеинов-продуктов этих генов, сравнение их с известными опасными генами, анализ возможных неблагоприятных эффектов будущих генно-инженерных организмов, содержащих отобранные трансгены, на здоровье человека и окружающую среду. 2. Создание генно-инженерных организмов, оценка их биобезопасности. 3. Подготовка досье о безопасности генно-инженерных организмов для здоровья человека и окружающей среды (по определенной законодательством форме) 	<p>Разработчик генно-инженерных организмов</p>
II ступень: Высвобождение генно-инженерных организмов в окружающую среду для проведения испытаний	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Государственная экспертиза безопасности генно-инженерных организмов для здоровья граждан и окружающей среды. 2. Выдача разрешения на высвобождение генно-инженерных организмов в окружающую среду. 	<p>Национальный координационный центр биобезопасности, эксперты, включенные в Национальный реестр экспертов по биобезопасности</p> <p>Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды</p>
III ступень: Проведение испытаний, в том числе на биобезопасность	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Испытания генно-инженерных организмов в условиях контролируемого высвобождения (т.е. с соблюдением мер, ограничивающих распространение генно-инженерных организмов в окружающей среде). 2. Государственное сортоиспытание отобранных по комплексу положительных признаков форм. 3. Включение выделившихся форм в список сортов-кандидатов на занесение в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород 4. Государственная экспертиза безопасности для здоровья человека генно-инженерных сортов, которые могут быть использованы в хозяйственной деятельности в качестве продовольственного сырья (тесты на токсичность и аллергенность, существенную эквивалентность). Подготовка экспертного заключения. 5. Принятие решения о включении генно-инженерного сорта Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород 	<p>Разработчик под контролем Минприроды (его территориальных органов).</p> <p>Комитет по государственному испытанию и охране сортов растений при Минсельхозпроде</p> <p>Комитет по государственному испытанию и охране сортов растений при Минсельхозпроде</p> <p>Министерство здравоохранения, аккредитованные лаборатории</p> <p>Комитет по государственному испытанию и охране сортов растений при Минсельхозпроде</p>

МИФ: внедрение в микрофлору кишечника или клетки организма



МИФ: канцерогенность/стерилизация



МИФ: снижение продуктивности/качества



Ермакова и ГМО

- Результаты Ирины Ермаковой противоречат стандартизированным результатам других исследователей, которые работали с тем же самым сортом сои и не выявили токсического влияния на организм
- В своей работе Ермакова отметила, что получила трансгенную сою из Нидерландов, хотя отмеченная фирма не поставляет генно-модифицированную сою.
- Использованные ГМО-продукты и контрольные образцы являются смесью оригинальных сортов.
- Не было приведено доказательств, что контрольные образцы не содержат материал с модифицированными генами, также не показано, что модифицированная соя на 100 % трансгенная.
- Отсутствует описание диет и составляющих рациона крыс.
- Отсутствуют данные относительно питания отдельных особей, продемонстрированные данные касаются только групп особей.
- Смертность в контрольной группе значительно превышала нормальную смертность крыс этой лабораторной линии. Также сниженный вес в контрольной группе указывает на недостаточный досмотр или недостаточное питание крыс, которое делает выводы исследователя нерелевантными.

Alessandro Nicolia, Alberto Manzo, Fabio Veronesi & Daniele Rosellini (2014) An overview of the last 10 years of genetically engineered crop safety research, *Critical Reviews in Biotechnology*, 34:1, 77-88, DOI: 10.3109/07388551.2013.823595

- «GE plants became widely cultivated worldwide, and we can conclude that the scientific research conducted so far has not detected any significant hazard directly connected with the use of GM crops»

- Alberts et al. Molecular biology of the cell / Bruce Alberts, Alexander Johnson, Julian Lewis, David Morgan, Martin Raff, Keith Roberts, Peter Walter ; with problems by John Wilson, Tim Hunt. -- Sixth edition, 2015 Garland Science New York
- Cambell Biology / J.B. Reece, Lisa A. Urry, Michael L. Cain, Steven A. Wasserman, Peter V. Minorsky, Robert B. Jackson – 10th edition, 2011 Pearson
- А.П. Ермишин Генетически модифицированные организмы: мифы и реальность / Минск: Технология, 2004 – 118 С.
- <http://ru.wikipedia.org>