

Посевы генномодифицированных агрокультур достигли рекордных 185 млн. гектаров; 40% глобального производства ГМО приходится на США (Crop Biotech. Update, дата обращения 10 мая 2017 г.)

«В 2016 г. посевная площадь генномодифицированных агрокультур в мире достигла рекордных 185,1 млн. га, увеличившись на 3% по сравнению с 2015 г.», – говорится в ежегодном докладе Международной службы по внедрению агробιοтехнологических разработок (ISAAA). За последние 10 лет объем производства ГМ-растений вырос более чем на 80%: в 2006 г. они занимали 102 млн. га. При этом, если в 2015 г. наблюдалось сокращение посевов с 181,5 до 179,7 млн. га по сравнению с предыдущим годом, то в 2016 г. вновь зафиксирована положительная динамика.

В 2016 г. рост произошел в основном за счет Бразилии, где площади под ГМ-агрокультурами увеличились на 11% (4,9 млн. га), а также США, нарастивших посевы на 3% (2 млн. га). На 5% (600 тыс. га) возросли площади под ГМ-растениями в Канаде, на 17% (370 тыс. га) – в ЮАР. Лидером по относительному приросту площадей стала Австралия, где сев генномодифицированных агрокультур за год прибавил 29%, достигнув 852 тыс. га, хотя в абсолютном значении они по-прежнему занимают менее 1% всех сельхозземель в стране.

В то же время, в ряде стран производство ГМ-агрокультур наоборот сократилось. В Китае, например, площади под ГМ-растениями в 2016 г. уменьшились на 870 тыс. га, (24%), в Индии — на 800 тыс. га (7%), в Аргентине — на 670 тыс. га (3%).

Всего в 2016 г. ГМ-культуры выращивали 26 стран, в том числе 7 развитых и 19 развивающихся государств, причем на первые приходилось 46% всех мировых посевных площадей. Лидером со значительным отрывом являются США, где сосредоточено почти 40% мировых площадей под ГМО – 72,9 млн. га. Из них 35 млн. га в прошлом году занимала кукуруза, 31,8 млн. га – соя и 3,7 млн. га – хлопок. По состоянию на ноябрь 2016 г. в США было разрешено к использованию 44 линии генномодифицированной кукурузы, 24 линии соевых бобов и 28 линий хлопка.

Бразилия, на которую приходится более четверти глобальных посевов ГМ-агрокультур, в прошлом году находилась на втором месте – 49,2 млн. га, из них основную часть составляла соя (32,7 млн. га); еще 15,7 млн. га было отведено под кукурузу и 0,8 млн. га – под хлопок. В докладе

ISAAA отмечалось, что в этой стране на долю генномодифицированных растений приходится свыше 93% от совокупных посевных площадей (52,6 млн. га).

За Бразилией следует Аргентина, сохранившая третью позицию, несмотря на сокращение посевов ГМО на 670 тыс. га (до 23,8 млн. га). Снижение произошло за счет ГМ-сои, площади под которой уменьшились на 2,4 млн. га до (18,7 млн. га). Как отмечают аналитики ISAAA, такая тенденция объясняется «возрастающей конкуренцией со стороны альтернативных агрокультур, таких как кукуруза и подсолнечник, а также сокращением посевов пшеницы», которую соя должна была сменить при севообороте.

Замыкают пятерку стран-лидеров по посевным площадям под ГМ-культурами Канада (11,6 млн. га) и Индия (10,8 млн. га). Вместе упомянутые пять стран охватывают 91% мировых площадей под ГМО. В Евросоюзе агрокультуры, полученные при помощи современных биотехнологий, выращивают Испания, Португалия, Чехия и Словакия, которые в 2016 г засеяли ГМ-кукурузой в общей сложности 136 тыс. га, что на 17% больше, чем в 2015 г.

Созданы генно-инженерные микробы, способные производить азотные удобрения непосредственно в почве (Sciencemag.org, дата обращения 4 апреля 2017 г.)

Внесенные в почву новые генно-инженерные микробы способны производить удобрение, увеличивающее массу съедобной культуры в 1,5 раза по сравнению с результатом без подкормки. Это достижение, будучи доступным фермерам беднейших частей света, по словам биоинженеров из Гарварда, может одержать победу над голодом, о чем и было заявлено на прошедшей недавно конференции Американского химического общества (American Chemical Society). Ключевой компонент удобрений – азот – необходим для построения таких важных биологических соединений как ДНК и белки. Воздух, которым мы дышим, на 80% состоит из азота. Но в воздухе он инертен, его атомы связаны в нейтральные молекулы, расщепить которые, как считалось, живые организмы не могут. Однако у некоторых микробов в процессе эволюции появился фермент нитрогеназа, который отделяет от молекулы газообразного азота один атом и связывает его с водородом, в результате чего образуются аммиак и

другие соединения, используемые растениями в качестве источника азота. При промышленном производстве азотного удобрения также происходит синтез аммиака из азота и водорода, но это высокотемпературный процесс, протекающий к тому же под высоким давлением. Сырьем для него служит природный газ, содержание азота в котором меньше, чем метана. Сырье это недорогое, однако для превращения метана и азота в аммиак нужны не только большие заводы, но и массивная инфраструктура, что делает конечный продукт – азотные удобрения – недоступным для бедных стран.

О бактериях – производителях азотного удобрения сообщила группа исследователей под руководством известного химика – создателя «искусственного листа» Дэниела Носеры (Daniel Nocera) из Гарвардского университета (Harvard University). Этот ученый с коллегами осуществил генетическую модификацию бактерии *Xanthobacter autotrophicus*, которая помимо нитрогеназы стала продуцировать еще и гидрогеназу, что в совокупности позволяет ей усваивать молекулярный водород для синтеза АТФ – энергетической валюты клетки. Водород и углекислый газ воздуха используются бактерией для синтеза полигидроксипутирата, который может запасаться или подвергаться действию микробного фермента нитрогеназы с образованием свободного азота, после чего гидрогеназа бактерии производит из высвободившихся атомов азота и водорода аммиак – основу удобрения.

В испытаниях, которые успели провести гарвардские ученые, масса редиса, политого раствором с такими производящими аммиак бактериями, была на 150% выше, чем контрольных растений без каких-либо удобрений.

Нигерийские ученые разработали технологию производства биогаза на основе куриного помета и высокоинвазивного вида растения (*Energy Fuels*, 2017, 31(5), 5145–5157)

Переработка отходов животноводства важна для предотвращения изменений климата. Концентрации животных и птиц на центральных производственных пунктах является одним из основных факторов генерирования парниковых газов, при этом использование антибиотиков в кормах увеличивает выбросы. Пока не существует надежных технологий, позволяющих избежать специфического загрязнения воздуха, поверхностных и грунтовых вод и превратить опасный источник контаминации в ценное сырье. Так, биогаз, полу-

ченный из помета птиц при метановом брожении, обычно характеризуется низким уровнем углерода и азота при избытке аммиака и не может применяться в промышленных масштабах. Однако в более ранних исследованиях было показано, что эффективность процесса можно повысить путем смешивания помета с другим сырьем, содержащим большое количество метана, например растениями – просом или кукурузой.

В новой статье специалисты из Университета Ландмарка (Landmark University) и Университета Ковенанта (Covenant University) описали метод производства биогаза с использованием титонии разнолистной (*Tithonia diversifolia*), или мексиканского подсолнуха, цветкового растения, которое широко распространено в Южной Америке и Западной Африке. Из-за высокой инвазивности (т.е. вредности для местной флоры) *T. diversifolia* представляет угрозу для других видов, причем механические или химические способы не позволяют ограничить ее рост. Куриный помет и побеги титонии перерабатывали путем метанового брожения совместно с инокулятом желудка жвачных животных (для имитации адекватной микрофлоры) в двух сериях экспериментов. В одной серии сырье подвергали предварительной физико-химической и микробной обработке, в другой оставляли интактным. В биогазе, выделенном после брожения, оценивали концентрацию диоксида углерода и метана.

Анализ проводили с помощью хроматографии. Дополнительно авторы изучили содержание бактерий, грибов и метаногенов (архей) в полученных образцах. Результаты показали, что продукция биогаза наблюдается на 2–5-й день после начала процесса в зависимости от предварительной механической, термической или щелочной обработки сырья. Концентрация метана и диоксида углерода в обоих случаях (при наличии и без предварительной обработки) оказалась сравнительно высокой (66 ± 1 и $25 \pm 3\%$) и ($59 \pm 2\%$ и $26 \pm 2\%$), соответственно. В сумме 8 кг помета и сорняка обеспечивали производство биогаза около $3 \text{ м}^3/\text{кг}$; по словам ученых, этого более чем достаточно, для поддержания горения.

Микробиологический анализ показал, что в биогазе преобладали анаэробные бактерии (*Fusobacterium mortiferum*, *Bacteroides fragilis*) и плесневые грибы (*Mucor*, *Penicillium*), при этом археи были вовлечены в процессы брожения. По данным авторов, число аэробов, характерных для нормальной микрофлоры жвачных, в ходе эксперимента сократилось. По мнению авторов, полученные результаты подтверждают положительный

эффект предварительной термической и щелочной обработки сырья при производстве биогаза. Помимо конечного продукта в объеме, достаточном, например, для запуска электрогенератора, технология позволила получить твердые частицы – они могут использоваться как удобрение для почвы.

Репрограммирование вспомогательных клеток нервной ткани ослабило симптомы болезни Паркинсона у тест-животных (*Nature Biotechnol.*, 2017, doi:10.1038/nbt.3835)

Превращая клетки глии, играющие в нервной ткани опорную и защитную функцию, в дофаминергические нейроны, производящие нейромедиатор дофамин, шведские нейробиологи частично восстановили двигательное поведение мышей, у которых болезнь Паркинсона была моделирована путем интоксикации полосатого тела головного мозга, где вырабатывается дофамин. Это нейродегенеративное заболевание в первую очередь сказывается на двигательной активности, а отличается его прогрессирующая гибель дофаминергических нейронов головного мозга. Существующие методы лечения направлены на восполнение дефицита дофамина соответствующими препаратами, но восстановить утраченные нервные клетки, производящие дофамин, пока не удастся. Сейчас исследователи из Каролинского института (Karolinska Institute) в Стокгольме нашли способ репрограммирования глиальных клеток в активные дофаминовые нейроны, что привело к частичному восстановлению моторной функции у мышей с моделью болезни Паркинсона. Таким образом показана принципиальная возможность лечения заболевания репрограммированием собственных клеток пациента, причем *in vivo*. «При болезни Паркинсона дофаминергические нейроны погибают, но иногда вследствие воспаления некоторые глиальные клетки, реагируя на возникшие обстоятельства, начинают пролиферировать, разрастаться, – поясняет для издания *The Scientist* руководитель исследования Эрнест Аренас (Ernest Arenas). – Так мы пришли к мысли о том, что интересно было бы проверить возможности репрограммирования для превращения таких клеток глии в клетки, утраченные вследствие заболевания».

Сначала Аренас с коллегами испытали описываемый подход *in vitro*, инфицировав специально сконструированными вирусами звездчатые глиальные клетки (астроциты), которых много в головном мозге человека. Эти вирусы содержали транскрипционные факторы, участвующие в фор-

мировании и росте нейронов, мкРНК, специфическую для дофаминовых нейронов, и несколько малых молекул, которые запускают перестройку хроматина и таким образом участвуют в развитии головного мозга. В этих экспериментах удалось успешно трансформировать в дофаминергические нейроны до 16% человеческих астроцитов, о чем свидетельствовало появление у этих обычно электрически неактивных клеток потенциала действия. По словам Аренаса, «перепрограммированные клетки имели фантастическую электрофизиологию, которой трудно добиться у производных стволовых клеток». Затем такую же вирусную конструкцию с перечисленными факторами вносили в организм живых мышей, что положительно влияло на двигательное поведение и устойчивость походки мышей-моделей.

Технологию геномного редактирования с помощью системы CRISPR предлагают использовать для высокочувствительной экспресс-диагностики и мониторинга инфекционных заболеваний (*Science*, published online 13 Apr. 2017г.)

Как только в 2010 г. появилась возможность применения естественного бактериального иммунного механизма – своеобразных молекулярных «ножниц», системы CRISPR-*Cas9* (Clustered regularly interspaced short palindromic repeats) для точного редактирования генетической последовательности других организмов, ученые задумались о том, чтобы применить ее к идентификации вирусов. Но развитие метода сначала пошло в сторону редактирования геномов, очень уж привлекательной была возможность точного наведения ДНК-разрезающего фермента на цель с помощью специально созданной короткой цепочки РНК. В первых опытах использовали «ножницы» с ферментом *Cas9*. С помощью такой системы можно не только выводить из строя нежелательные гены, но и вставлять новые фрагменты ДНК точно в то место, где сделан разрез молекулы *Cas9*. Открытие создавало предпосылки к развитию многомиллиардной отрасли биотехнологии по разработке новых лекарственных препаратов и улучшенных сельскохозяйственных растений и животных. Одновременно вспыхнули этические споры, касающиеся потенциала метода для усовершенствования генома человека. Сейчас система, предлагаемая гарвардскими учеными во главе с Ф. Чжаном (Feng Zhang, Harvard Medical School), также основана на CRISPR, но она не корректирует, а диагностирует. Называется новая диагностическая система SHERLOCK (Specific high-sensiti-

vity enzymatic reporter unLOCKing) – вскрытие специфического высокочувствительного ферментного репортера. Система действует на атомольном уровне (10^{-18} моль), и она способна отличить вирус Зика от его близкого родственника возбудителя лихорадки Денге, а также один штамм кишечной палочки от другого.

Система SHERLOCK имеет важное отличие от известной системы CRISPR-Cas9: она использует наводящую цепочку РНК для того, чтобы связаться с РНК, а не с ДНК, и генетический материал здесь разрезает фермент Cas13. В анализируемых образцах все последовательности ДНК предварительно переводятся в РНК. Как только Cas13 достигает цели – определенной последовательности РНК – он начинает расщеплять и все ближайшие РНК, и на этом основан метод диагностики. Платформа SHERLOCK включает в себя также репортерную цепочку РНК, которая при разрезании флуоресцирует. Когда система узнает целевую последовательность РНК, не имеющий специфической активности фермент Cas13 атакует и репортерную РНК, что вызывает флуоресценцию, и этот сигнал указывает на присутствие искомой инфекционной частицы.

Технологию геномного редактирования CRISPR-Cas9 начали использовать для разработки пробиотика, который приводит к самоуничтожению болезнетворных бактерий (MIT Technology Review, дата обращения 17 апреля 2017 г.)

Исследователи из Университета Висконсин-Мэдисон (University of Wisconsin-Madison) под руководством Я.П. ван Пийкерена (Jan-Peter Van Rijkereen) пытаются привлечь к борьбе с патогенными микробами их собственный защитный механизм – систему CRISPR (см. выше) с ферментом Cas9 – РНК-направляемой ДНК-эндонуклеазой. CRISPR хранит информацию о чужеродных генетических элементах, с которыми когда-либо сталкивалась бактерия (бактериофаги, плазмиды), чтобы при повторной встрече вместе с нуклеазой Cas9 обеспечить их уничтожение. Система CRISPR-Cas9 широко используется в экспериментах по редактированию геномов, в том числе и генома человека.

Бактерия *Clostridium difficile* – возбудитель опасного заболевания, развивающегося в результате псевдомембранозного колита т.е. нарушения баланса кишечной микрофлоры при антибиотикотерапии. Я.П. ван Пийкерен предложил, ввести в клетку *C. difficile* вместе с вирусной ДНК фрагмент ее собственной ДНК, тогда система CRISPR-Cas начнет разрушать собственную хромосому этой бактерии. Уже сконструированы бактерио-

фаг, который доставит нужный фрагмент ДНК в *C. difficile*, и бактерия-«вектор», которая обеспечит наличие бактериофагов в нужное время и в нужном сегменте кишечника.

В данный момент метод находится на ранней стадии разработки, и его еще предстоит протестировать на животных. Но автор верит, что он должен работать: вредоносные бактерии будут прицельно уничтожены, а находящаяся рядом нормальная флора не пострадает.

Светящиеся бактерии помогут искать мины (Nature Biotechnology, 2017, 35, p. 308–310)

Группа ученых из Еврейского университета в Иерусалиме (Hebrew University of Jerusalem) тестирует систему поиска мин, в которой применяются флуоресцирующие бактерии и лазеры. По последним оценкам, на территории примерно 70 стран мира сейчас находится не менее 100 млн. наземных мин, оставшихся после военных конфликтов. Около 20 тыс. человек в год гибнет от этих мин. Работы по разминированию трудоемки и дорогостоящи. Созданные в Еврейском университете Иерусалима генетически модифицированные бактерии способны испускать флуоресцентный сигнал, находясь рядом с минами. Детектором этого сигнала служит лазер. Действие системы основано на реакции бактерий на химические вещества, выделяемые минами в малых количествах. Бактерии, помещенные в полимерные гранулы, разбрасываются по минному полю, а их флуоресценция затем обнаруживается с помощью лазерной системы, которую можно установить на транспортном средстве, в том числе на беспилотном летательном аппарате. Система была успешно протестирована на реальных минных полях; сканирование земли при этом осуществлялось со скоростью 18 см/с. Разработчики рассчитывают улучшить этот показатель.

«Наши полевые данные показывают, что инженерные биосенсоры могут быть полезны в системе обнаружения мин, – говорит профессор Шимшон Белкин (Shimshon Belkin), возглавлявший эксперимент. – Для того, чтобы технология стала осуществимой, необходимо решить несколько задач, таких как повышение чувствительности и стабильности сенсорных бактерий, увеличение скорости сканирования для покрытия больших площадей и создание более компактного сканирующего устройства, чтобы его можно было использовать на борту беспилотного самолета». Три года назад Белкин и его коллеги в качестве побочного продукта своих экспериментов получили модифицированные бактерии, пригодные для распознавания загрязняющих примесей в воде.

Новый путь лечения устойчивости к антибиотикам предложили канадские ученые (*Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 2017, 95(5), 595–603)

Биологи из Исследовательского центра Альбрехтсена при больнице Святого Бонифация (St. Boniface Hospital Albrechtsen Research Centre) и Манитобского университета (University of Manitoba) создали препарат, который способен победить 2 из 10 «приоритетных патогенов» – бактерий, которые, согласно недавно выпущенному списку ВОЗ, в силу своей устойчивости к антибиотикам представляют наибольшую угрозу для здоровья населения. Препарат получил временную патентную защиту под наименованием PEG-2S.

Не затрагивая здоровые клетки, этот препарат препятствует росту патогенных бактерий, энергетические потребности которых обеспечивает цепь окислительно-восстановительных реакций, присущая ряду патогенных бактерий. Это натриевый насос (NQR), участвующий в дыхании бактериальной клетки. Как показали канадские авторы, препарат PEG-2S подавляет работу натриевого насоса *Chlamydia trachomatis*, и, как следствие, рост бактерий. Действие препарата является узконаправленным: он влияет только на бактериальные клетки, жизнедеятельность которых связана с дыхательным натриевым насосом, но нетоксичен для нормальных здоровых клеток организма. Список бактерий, обладающих таким насосом, постоянно растет с появлением новой информации о геномах. В настоящее время известно более 20 различных патогенных бактерий с NQR. Препарат, способный обойти множественную устойчивость к антибиотикам, подавляя важный для бактерий механизм, может совершить прорыв в создании противомикробных лекарств.

Количество мишеней для действия антибиотиков ограничено, последние новые антибактериальные препараты были обнаружены в 1987 г., и только два антибиотика получили одобрение американского Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA) с 2009 года. «Новые препараты не выпускают на рынок потому, что все они нацелены на те механизмы, благодаря которым бактерии вырабатывают устойчивость. Но мы не только нашли новую и эффективную мишень, мы осуществили моделирование соединения, которое бьет по ней, не затрагивая нормальные клетки», – приводит EurekaAlert! слова одного из авторов Гранта Пирса (Grant Pierce, St. Boniface Hospital, University of Manitoba). «Результаты нашего сотрудничества невероятно вдохновляющи», – добавляет ведущий автор публикации Павел Дибров (Pavel Dibrov) из

Манитобского университета. По словам последнего, есть надежда, что на основе PEG-2S удастся создать антимикробные средства, специфические для каждой патогенной бактерии, обладающей натриевым насосом NQR.

Шведская авиастроительная компания Saab провела испытательный полет на биотопливе (*Aerospace Daily & Defense Report*, дата обращения 4 апреля 2017 г.)

Компания Saab совместно с министерством обороны Швеции и британской компанией GKN Aerospace 28 марта успешно провела испытательный полет истребителя JAS-39 Gripen, заправленного 100%-ным биотопливом.

В настоящее время в Евросоюзе действует масштабная программа, целью которой является повышение экологичности вооруженных сил. Этот документ предполагает постепенный переход на альтернативные источники энергии, такие как синтез-газ из отходов и солнечная энергия. Испытания полетов истребителя JAS-39 на биотопливе проводились в рамках этой программы.

Испытания включали два этапа. Сначала двигатель RM12, устанавливаемый на Gripen, работал на биотопливе на земле. После того, как специалисты изучили данные о работе силовой установки на новом виде горючего, Gripen, заправленный биотопливом, поднялся в воздух. Силовую установку для испытаний не переделывали.

В баки Gripen на время испытательного полета залили биотопливо СНСJ-5 без примесей. По своим качествам оно полностью соответствует обычному авиационному топливу JP-8. В полете двигатель боевого самолета работал точно так же, как если бы был заправлен обычным авиационным топливом.

СНСJ-5 изготавливается из гидроочищенных спиртов и жирных кислот, а затем проходит дополнительную каталитическую термическую обработку, чтобы повысить характеристики до уровня JP-8. В итоге, добавления обычного авиационного горючего в полученное биотопливо не требуется.

В сентябре прошлого года американский самолет радиоэлектронной борьбы EA-18G Growler стал первым в мире самолетом, совершившим полет на 100%-ном биотопливе. И тогда, по данным военных, работа двигателя и параметры полета, были такими, как если бы самолет был заправлен обычным авиационным топливом.

*Материалы рубрики подготовлены
М.З. Аствацатурян*