



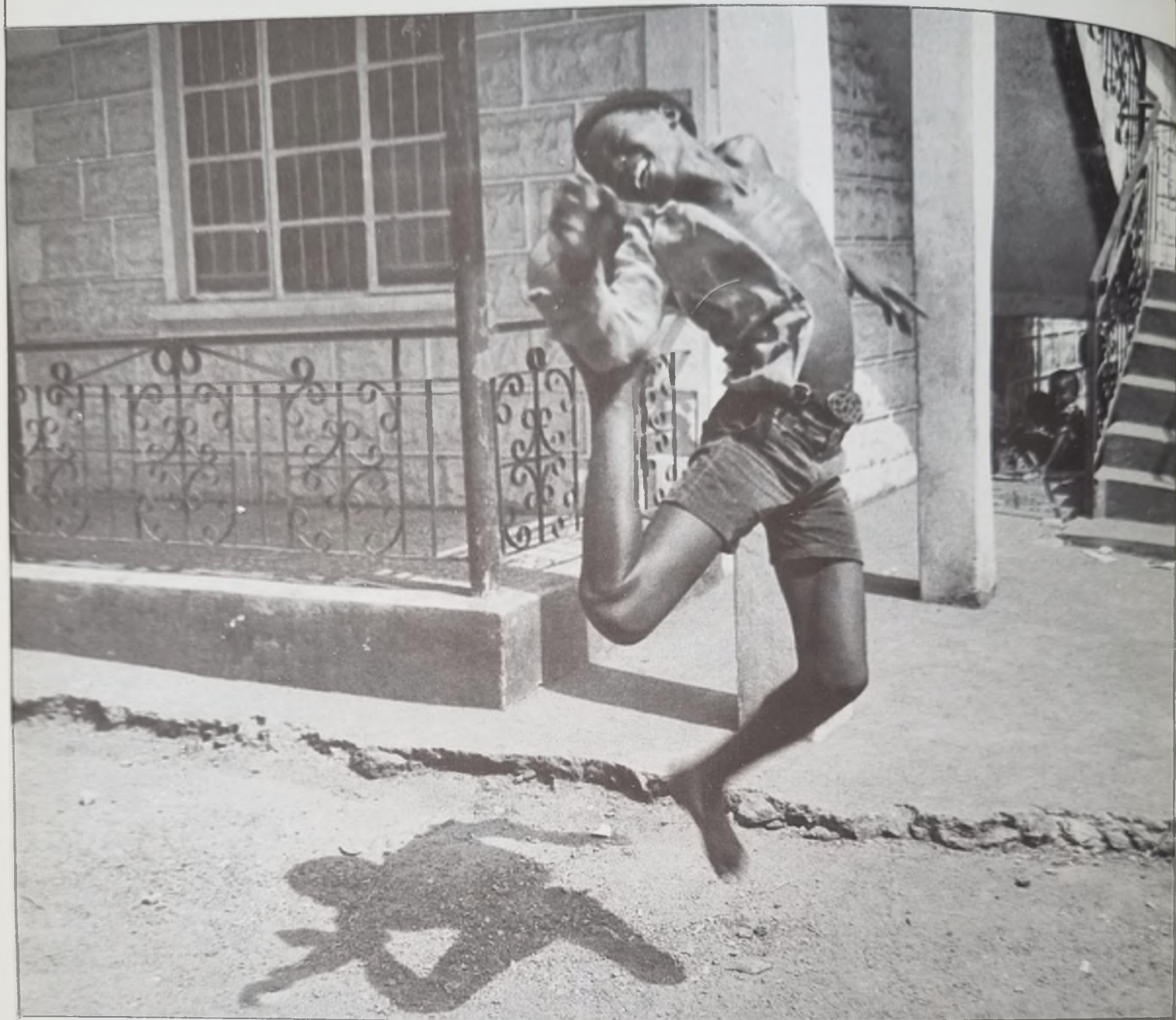
КУРЬЕР

АПРЕЛЬ 1987

*Биотехнология,
сельское
хозяйство*

и развитие

Время жить...



На улицах Фритауна

Сьерра-Леоне («львиные горы») — государство на западном побережье Африки с населением около 3,6 млн. человек. Название ему дал в 1460 г. португальский мореплаватель Педру ди Синтра: полуостров, на котором он высадился, своими очертаниями показался ему похожим на льва. На месте сегодняшнего Фритауна, столицы страны, в 1787 г. было создано поселение для освобожденных рабов. В 1961 г. государство получило независимость и десять лет спустя стало республикой. Примерно 65% населения страны занято в сельском хозяйстве, главная отрасль которого — производство риса. Сьерра-Леоне находится на шестом месте в мире по добыче алмазов. Вверху: молодой футболист на улице Фритауна.

Республика Сьерра-Леоне



В 60—70-е годы нашего века благодаря селекции высокоурожайных сортов зерновых, использованию пестицидов и удобрений и развитию ирригации в некоторых — правда, далеко не во всех — развивающихся странах началась так называемая «зеленая революция». Настоящий номер «Курьера ЮНЕСКО», посвященный главным образом применению новых научных методов в сельском хозяйстве, — попытка проанализировать, насколько реально после «зеленой революции» ожидать революцию биотехнологическую, которая, как предполагается, поможет развивающимся странам решить некоторые проблемы, связанные с обеспечением населения продовольствием.

Хотя термин «биотехнология», означающий использование биохимических и генетических свойств живых организмов в практических целях, появился сравнительно недавно, человек применял биотехнологические методы с незапамятных времен. Достаточно привести два примера: ферментация и улучшение полезных видов растений и животных. Однако современная биотехнология отличается от этих традиционных приемов. Она основывается на генетической инженерии и методике слияния клеток различных организмов, позволяющих преодолевать барьеры между биологическими видами. Генетическую инженерию (или создание новых сочетаний генов), основанную на прямом переносе генов — «этих мельчайших командиров наследственности, заставляющих живые клетки превращаться в бактерию, жабу или человека», — в клетки других организмов, называют «самым мощным и грозным оружием в руках людей со времени расщепления атома».

В первой части номера рассматриваются некоторые новые биотехнологические методы: механизмы их воздействия, масштабы и эффективность применения в разных районах мира, новейшие достижения в этой быстро развивающейся и чрезвычайно перспективной области. Сосредоточивая основное внимание на непосредственном внедрении биотехнологии в сельское хозяйство развивающихся стран, авторы статей в то же время касаются настоящего и будущего в использовании биотехнологии в таких областях, как производство энергии, медикаментов для человека и животных, переработка пищевых продуктов, защита окружающей среды.

Во второй части номера поднимаются более широкие проблемы. Как наилучшим образом приспособить биотехнологию к задачам развития в различных социальных, экономических и культурных условиях? Станет она панацеей или же лишь усугубит существующий разрыв между развивающимися и индустриальными странами? Новые методы, особенно те, что находят применение в растениеводстве, дают человеку большие возможности. Как оптимально использовать их? Как обеспечить равный доступ к результатам исследований, проводимых на генетическом материале, источником которого являются развивающиеся страны?

Широко известны усилия ЮНЕСКО, направленные на развитие сельских районов. По ее инициативе проводятся курсы подготовки специалистов в таких областях, как биология, агробиология, прикладная микробиология и биотехнология (см. статью на с. 27). Затрагиваемые в номере вопросы составляют неотъемлемую часть основных программ ЮНЕСКО, ставящих целью расширение использования науки и техники на благо всего человечества. Номер завершает статья Альбера Сассона, в которой подчеркивается сложность поднимаемых проблем и намечаются возможные пути их решения.

Главный редактор Эдуард Глиссан

40-й год издания

4

Биотехнология:

результаты и перспективы
Жак Сене

7

«Зеленая революция»

13

Генная революция

Бернард Диксон

17

Зеленые фабрики

Автоматизация сельского хозяйства
в Японии
Койтибара Хироси

20

Гибриды XXI века

Раиса Г. Бутенко и Злата Б. Шамина

22

Зерна надежды

Эдвард Вулф

24

Новый подход к традиционному

земледелию

26

Корова по кличке Rusitec

Пицца для размышлений

27

Наши помощники — бактерии

Программа ЮНЕСКО по биотехнологии в
целях развития
Эдгар Дж. Да Силва, Ж. Фрейри, А. Хиллали и
С. О. Кейя

29

Насущная потребность развивающихся стран

Альбер Сассон

34

Глоссарий

2

Время жить...

На улицах Фритауна (Сьерра-Леоне)

Обложка: Photo © Periscoop, Paris

Курьер

Окно, открытое в мир

Публикуется ежемесячно на 32 языках
ЮНЕСКО — Организацией Объединенных
Наций по вопросам образования,
науки и культуры
Париж, 75700,
Плас Фонтенуа, 7.

Русском
Английском
Французском
Испанском
Немецком
Арабском
Японском
Итальянском
Хинди

Тамили
Иврите
Персидском
Голландском
Португальском
Турецком
Урду
Каталанском
Малайзийском

Корейском
Суахили
Македонском
Хорватско-
сербском
Словенском
Сербско-
хорватском
Китайском

Болгарском
Греческом
Сингальском
Финском
Шведском
Баскском
Тайском

Шрифтом Брайля
ежеквартально
публикуется подборка статей
на английском, французском,
испанском и корейском
языках.

ISSN 0304—3150

Биотехнология:

результаты и перспективы

С самого зарождения цивилизации человек выступал в роли биотехнолога, пользуясь для получения продуктов питания и напитков результатами деятельности микроорганизмов, о существовании которых он в то время и не подозревал. На протяжении столетий методы, которые он применял, постепенно совершенствовались, но делалось это стихийно, без понимания лежащих в их основе механизмов. Биотехнология как наука, использующая биологические принципы в практических целях, возникла лишь в конце прошлого столетия с появлением микробиологии и ее применением в промышленных процессах брожения.

После второй мировой войны биология необычайно продвинулась вперед. Всего за несколько лет были выявлены основные механизмы жизнедеятельности и передачи наследственной информации на молекулярном уровне, открывшие беспредельные горизонты для дальнейших исследований. Некоторые из новых направлений, в частности генетическая инженерия (см. статью на с. 13), способная, как утверждают, превратить человека в «творца мира», захватили воображение многих ученых и вызвали самый широкий интерес.

Передача генетического материала такими в корне различными организа-

ми, как бактерии, растения, животные и человек, породила большие надежды, причем некоторые из них, как, например, получение человеческого инсулина с помощью бактерий, рекомбинированных *in vitro*, уже стали реальностью. В настоящее время эти методы подошли к стадии внедрения в область сельского хозяйства, что даст серьезный экономический и социальный эффект. Однако было бы неправильным думать, что перспективы развития биотехнологии ограничиваются лишь сферой генетической инженерии. Не меньший интерес представляют последние фундаментальные и прикладные исследования в области физиологии клетки, биохимии, ферментативного катализа и биоинженерии.

Принято считать, что в развивающихся странах перед биотехнологией открываются огромные перспективы, особенно с точки зрения ее применения в сельском хозяйстве. Эти надежды не лишены оснований, однако при этом не следует забывать, что прогресс несет с собой и потенциальные опасности, для предотвращения которых должны быть приняты все возможные меры.

Первым крупным успехом биотехнологии в области сельского хозяйства явилась «зеленая революция», главные цели которой на сегодняшний день в основном осуществлены (см. с. 7). Благодаря ей Индия, Бангладеш и некоторые другие развивающиеся страны смогли обеспечить себя продовольствием. Это была поистине большая победа, но она принесла с собой и целый ряд непредвиденных социальных последствий. Возделывание высокоурожайных зерновых культур требует значительных капиталовложений в производство удобрений и пестицидов, в развитие ирригации, что оказалось не под силу многим мелким фермерам. В резуль-

тате большинство мелких земельных участков перешли к крупным земледельцам, а крестьяне стали уходить в города и пополнять ряды безработных.

Недавнее падение мировых цен на сахар — еще один пример социально-экономических последствий применения биотехнологии. Обусловленное главным образом производством в США изюма, оно привело к подрыву экономики целого ряда тропических стран, основанной на выращивании сахарного тростника.

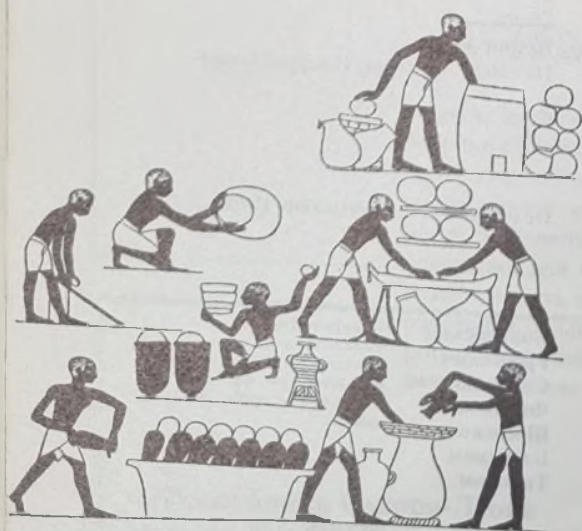
К счастью, не все случаи применения биотехнологии влекут за собой подобные проблемы. И все же существует опасность, что некоторые из них не только не уменьшат, а, наоборот, еще более усугубят зависимость развивающихся стран от более богатых и передовых в научном отношении государств (см. статью на с. 29).

Развивающиеся страны должны сконцентрировать свои усилия на разработке программ, которые принесут им непосредственную выгоду и могут быть реально осуществлены, учитывая их ограниченные финансовые и экономические ресурсы. Такие возможности открываются в области сельского хозяйства, где особенно перспективны два направления: **производство первичных продуктов**, где можно вести работу по повышению урожайности культур и по азотфиксации, и **переработка с помощью биотехнологии** продукции сельского хозяйства и его отходов в энергетические и продовольственные ресурсы.

Традиционные методы повышения урожайности сельскохозяйственных культур — селекция и скрещивание — использовались еще на заре земледелия. Благодаря последним открытиям в области генетики и физиологии растений они подверглись усовершенствованиям и долго будут давать хорошие результаты. Например, в течение последних тридцати лет урожай кукурузы повысился с 12 до 62 центнеров с гектара, а урожай пшеницы с гектара в среднем возростал ежегодно на один центнер. Аналогичные успехи были достигнуты и в производстве риса, второй зерновой культуры в мире. В настоящее время Международный научно-исследовательский институт риса, созданный в 1962 г. на Филиппинах, имеет коллек-

Сценка, изображенная на одной из гробниц в Фивах, показывает, как 3500 лет назад трудились древнеегипетские пекари и пивовары. «Биотехнологические» процессы, например брожение, уже не одно тысячелетие используются для получения таких напитков и пищевых продуктов, как пиво и сыр.

Рисунок взят из A History of Technology © Oxford University Press







цию, в которой насчитывается 60 тыс. сортов этой культуры (см. «Курьер ЮНЕСКО», январь 1985 г.).

Помимо повышения урожайности главной целью селекции является выведение новых сортов, обладающих устойчивостью к паразитам, а также к бактериальным и вирусным болезням. В последние годы были разработаны новые методы. Некоторые из них уже применяются на практике, другие находятся на стадии лабораторных испытаний.

Другим преимуществом некоторых недавно разработанных методов является то, что они позволяют скрещивать отдаленные виды растений в тех случаях, когда естественное воспроизведение невозможно, и таким образом открывают путь к созданию принципиально новых сортов.

Первые крупные успехи были достигнуты с помощью вегетативной гибридизации проростков зерновых культур. Этот метод, заключающийся в скрещивании растений путем устранения самоопыления, довольно прост, особенно у перекрестно опыляющихся растений, таких, как кукуруза, у которой мужские органы отделены от женских и их легко можно удалить до начала опыления. Сложнее обстоит дело с самоопыляющимися растениями, такими, как пшеница, томаты, соя и люпин. У них мужские и женские органы расположены в непосредственной близости внутри цветка. Сегодня это препятствие устранено благодаря открытию химических соединений, которые стерилизуют пыльцу.

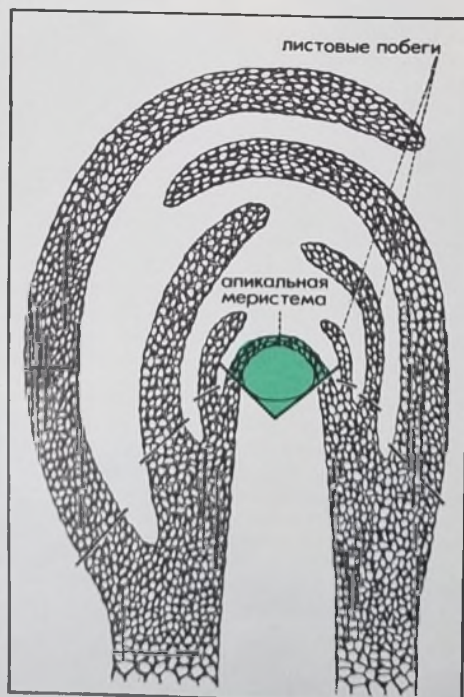
Многие гибридные сорта зерновых и других культур уже вышли на рынок. В соответствии с правилами, на полях должны высеваться лишь семена первого поколения гибридов. Гибридные семена обычно имеют тенденцию к дегенерации и в связи с этим должны ежегодно возобновляться. Как бы то ни было, мировой рынок гибридных семян быстро растет и по последним оценкам к 2000 г. объем его товарооборота достигнет 20 млрд. долларов.

Другие методы, разработка которых сейчас ведется, еще далеки от практического применения, но не менее перспективны. Один из них — вегетативное размножение *in vitro*, или микроразмножение с помощью культуры меристемы или другой изолированной культуры ткани растения. Меристема — ткань верхушечной части стебля растения, содержащая эмбриональные клетки (см. рисунок). Культивируемые в асептических усло-

виях в твердой питательной культуральной среде, эти клетки размножаются и образуют каллюс, который может быть разделен и многократно репродуцирован. При обработке гормонами растений (ауксинами, цитокининами и гиббереллинами) недифференцированные каллюсы дифференцируются на отдельные растеньица, имеющие все свойства исходного растения.

Такой метод обещает большие преимущества для сельского хозяйства тропических стран. Например, одна масличная пальма, регенерированная из фрагмента ткани листа, могла бы в течение года дать

*Апикальная меристема представляет собой скопление клеток, расположенных на верхнем конце стебля. Она играет особо важную роль в размножении растений, поскольку остается в здоровом состоянии даже в том случае, если вся остальная часть растения заражена вирусом. Культивирование *in vitro* меристемы большого экземпляра дает возможность получить новое, здоровое растение и ускорить производство свободного от вируса посадочного материала. Внизу: сечение почки, в центре — апикальная меристема, защищенная листочками. Культура меристемы требует особого внимания при выборе условий выращивания и питательной среды.*



На рисунке в самой упрощенной форме показан один из методов современной биотехнологии в работе с растительными клетками, тканями и органами для размножения растений в стерильных лабораторных условиях. Стерилизованным растительным материалом, который культивируется в питательной среде, может быть меристема (см. рисунок внизу), какой-либо другой кусочек растительной ткани (см. с. 8—9) или протопласт — растительная клетка, у которой разрушена внешняя стенка, у которой этого органа, ткани или протопласта может быть получен так называемый каллюс. Из него можно регенерировать целое растение и получить таким образом в относительно короткий период времени большое число генетически одинаковых экземпляров, известных как клоны. Один кубический сантиметр культуры может содержать до миллиона клеток, каждая из которых может стать новым растением. Путем отбора клеток с определенными качествами можно в значительной степени ускорить процесс выведения новых сортов, устойчивых к болезням и стрессам окружающей среды, а также деревьев и цветов.

500 тыс. идентичных, устойчивых к филариозу растений, от которых можно получить в год до 6 т масла с гектара, то есть в 6—30 раз больше, чем от основных масличных культур.

Еще один метод, имеющий огромные перспективы в будущем, — получение *in vitro* гаплоидных растений, клетки которых содержат одинарный набор хромосом. Традиционные методы селекции довольно сложны и требуют много времени вследствие диплоидной природы вегетирующих растений, другими словами, из-за того, что их клетки содержат двойной набор хромосом, по одному от каждого родителя. В результате некоторые так называемые «рецессивные» признаки, передаваемые рецессивной, оказываются замаскированными доминантной гомологичной хромосомой, и их присутствие может быть обнаружено только после менделевского расщепления через несколько поколений. Это, конечно, замедляет селекцию. Недавнее открытие метода, аналогичного микроразмножению, позволило преодолеть эту трудность. Он состоит в получении растения либо из мужских гамет, то есть репродуктивных клеток (андрогенез), либо из женских (гиногенез). Подобно гаметам, от которых они получаются, эти растения являются гаплоидами. Поскольку они имеют лишь один набор хромосом, их рецессивные или доминантные генетические характеристики сразу видны ученому, занимающемуся селекцией. Гаплоидные растения обычно бесплодны, но при обработке их колхицином, который вызывает удвоение числа хромосом, получается фертильное растение с двумя наборами идентичных хромосом и с фенотипически стабильными характеристиками. В гиногенезе применяется и другой метод — оплодотворение семязачатка облученной пылью.

В Китае на площади несколько миллионов гектаров высеваются новые сорта риса, полученные с помощью андрогенеза. Сейчас ведутся также лабораторные эксперименты по гиногенезу с ячменем,

рисом, пшеницей, кукурузой, сахарной свеклой и другими культурами.

Большие надежды возлагаются на **соматическую гибридизацию**, заключающуюся в слиянии двух клеток, стенки которых предварительно разрушают с помощью ферментов. Используя этот метод, ученым удалось добиться слияния клеток растения с клетками не только другого растения, но и животных и даже человека. Однако в большинстве случаев хромосомы одной из клеток, участвующих в слиянии, быстро элиминируются, и пока что удается получать полные, стабильные гибридные клетки только в результате слияния клеток очень близких видов. Кроме того, даже при получении устойчивого материала регенерация полного растения из таких слившихся клеток представляется трудной задачей. Первым успехом явилась регенерация так называемого «помато» — гибрида картофеля и томата. Однако это растение бесплодно и остается не более чем лабораторным курьезом.

В последнее время ученым удалось регенерировать соматические гибридные клетки нескольких растений, представляющих интерес для сельского хозяйства, таких, как рапс, цикорий и картофель. В то же время подобные опыты с подсолнечником, зерновыми и бобовыми пока не дали положительных результатов. Тем не менее можно надеяться, что стоящие перед учеными в настоящее время трудности будут преодолены, по крайней мере в получении гибридов сортов, принадлежащих к одному виду.

Огромное преимущество соматической гибридизации заключается в том, что она дает возможность передавать генетические признаки, определяемые не только хромосомами ядра, но и специализированными органеллами клетки, содержащимися в цитоплазме (митохондриями и хлоропластами). Они управляют такими важными процессами и свойствами, как

фотосинтез, ассимиляция двуокиси углерода, мужская стерильность и устойчивость к гербицидам, болезням и засухе.

Соматическая гибридизация проложила путь зарождающейся генетической инженерии растений, которая занимается пересадкой специфических генов, как растительного, так и иного происхождения, в генетический аппарат растения (см. статью на с. 13). Так с помощью гена американского ореха была повышена питательная ценность фасоли.

Целый ряд крупных многонациональных корпораций Европы, Японии и США проявляют большой интерес к новым методам улучшения растений, готовясь к конкуренции на мировом рынке. Однако эта отрасль биотехнологии открывает огромные возможности и для развивающихся стран. Новые методы, которые уже находят широкое применение, позволят им лучше приспособить свое сельскохозяйственное производство к местным условиям и требованиям.

Через всемирную сеть центров микробиологических ресурсов (ЦМР), одной из главных программ которых является изучение вопроса азотфиксации, ЮНЕСКО вносит значительный вклад еще в одну область биотехнологии, открывающую широкие перспективы (см. статью на с. 27).

Гены, которые кодируют способность к фиксации азота, в настоящее время идентифицированы, их структура уже почти полностью исследована. Более того, эти гены переданы не связывающим азот организмам, таким, как *Proteus vulgaris*, *Agrobacterium tumefaciens* и *Escherichia coli*. В принципе ничто не препятствует их передаче высшим растениям, и в ближайшее время можно ожидать важных результатов в этой области. Однако создание азотфиксирующих зерновых культур — дело весьма отдаленной перспективы, относящейся пока к области научной фантастики.

Что касается растений, не принадлежащих к бобовым культурам, то здесь внимание концентрируется сейчас на фиксации азота бактериями и грибами, которые либо поселяются на поверхности корней, либо проникают в их ткани, где образуют азотфиксирующие клубеньки. Эти исследования еще не вышли на уровень молекулярной биологии и генетической инженерии, но они со временем могут дать благоприятные результаты для тропического лесного хозяйства, стабилизации песчаных дюн и борьбы с опустыниванием.

Наконец, следует упомянуть о проводимых на Филиппинах и в Сенегале исследованиях по использованию водяного папоротника *Azolla pinnata* в качестве биологического удобрения на рисовых полях (см. «Курьер ЮНЕСКО», январь 1985 г.). В симбиозе с сине-зелеными водорослями Апабаена этот водяной папоротник обладает способностью фиксировать азот атмосферы. Это «зеленое удобрение», внесенное в почву перед следующим посевом, повышает урожайность риса на 50%. Его действие, продолжающееся на протяжении двух лет, эквивалентно использованию 60 кг азотного удобрения на гектар.

Вклад биотехнологии в поиск новых источников энергии в настоящее время вызывает интерес по двум причинам: в связи с ожидаемым истощением запасов энергетического ископаемого сырья (нефти и угля) и мировым энергетическим кризисом, который с 1973 г. тяжело сказывается на экономике, особенно развивающихся стран.

Одним из достижений, широко применяющихся в целом ряде государств, является производство биогаза из целлюлозы, отходов жизнедеятельности животных и человека. Оно основано на анаэробном разложении целлюлозы и содержащего азот органического вещества смешанных популяциями микроорганизмов, куда

«Зеленая революция»

Исследования в области селекции высокоурожайных сортов зерновых начались после второй мировой войны. В Мексике и на Филиппинах соответственно были выведены новые сорта пшеницы и риса, которые в 60-е годы получили распространение и в других частях земного шара, что способствовало росту урожая зерновых во многих странах.

В середине 60-х годов в результате внедрения высокоурожайных культур в ряде стран Азии и Латинской Америки появилось выражение «зеленая революция», означющее комплекс мероприятий, направленных на увеличение сельскохозяйственной продукции в развивающихся странах за счет новых сортов, особенно пшеницы и риса, культивирование которых требовало использования пестицидов и ирригации в сочетании с внесением удобрений и рациональными приемами ведения сельского хозяйства. Скрещивание новых сортов с выносливыми традиционными культурами позволило получить сорта, лучше приспособленные к местным условиям и облада-

ющие более высокой урожайностью. Помимо пшеницы и риса, подобная работа проводилась с такими культурами, как просо, сорго, тритикале, кукуруза, и рядом бобовых.

Через десять лет более половины посевных площадей, отведенных под зерновые, и треть рисовых полей в развивающихся странах были засеяны высокоурожайными сортами, которые при наличии хорошего орошения, а также достаточного количества удобрений и гербицидов дают в 2—3 раза более высокий урожай, чем традиционные культуры.

В Индии новые сорта пшеницы появились в 1966 г., а в 1970—1971 гг. производство зерна здесь уже удвоилось, составив 23,4 млн. т. В результате дальнейших усилий местных селекционеров и более широкого использования отборных семян в 1978—1980 гг. оно достигло 33 млн. т. Это позволило Индии, занимавшей в 1966 г. второе место в мире по объему ввоза зерна из-за границы, к концу 70-х годов полностью обеспечить свои потребности. А доходы фермеров в штате Пенджаб удвоились уже в 1972 г., то есть

через 6 лет после внедрения высокоурожайных сортов.

В ряде районов Азии, где позволяли водные ресурсы, сокращение вегетационного периода новых сортов риса дало возможность собирать по 2—3 урожая в год.

Больше всех выиграли от «зеленой революции» крупные фермеры ряда развивающихся государств. В то же время африканские страны, расположенные к югу от Сахары, она почти не затронула. Только в Кении и Зимбабве увеличились площади, засеянные кукурузой новых сортов. На Африканском континенте внедрение высокоурожайных сортов риса и пшеницы шло не такими быстрыми темпами, как в Азии, где развитие ирригации, а также наличие достаточных запасов удобрений и налаженной системы сбыта сельскохозяйственной продукции во многом способствовали успеху «зеленой революции».

Источник: *Quelles biotechnologies pour les pays en développement?*, A. Sasson, Biofutur / Unesco, Paris, 1986

входят бактерии, расщепляющие целлюлозу на органические кислоты и бактерии, превращающие эти кислоты в метан.

Опыт, накопленный в Индии, показывает, что навоз от десяти коров дает ежедневно 1,8 куб. м биогаза, что эквивалентно 1,3 л бензина. Этого достаточно для приготовления пищи для четырех человек или работы стовечевой лампочки в течение 14 часов. Кроме того, отработанный остаток является отличным удобрением, по своей ценности намного превосходящим навоз.

В Индии для получения биогаза используется около миллиона дешевых и простых установок, а в Китае их свыше 7 млн. Можно надеяться, что производство биогаза на фермах вскоре распространится и в других странах, где отсутствуют другие источники энергии. С точки зрения экологии биогаз имеет огромные преимущества, так как он может заменить дрова и таким образом способствовать борьбе против ликвидации лесов и опустынивания.

Производство биогаза расширяется в промышленно развитых странах и вообще в больших городах и густонаселенных сельских районах. Главная экономическая выгода здесь заключается в том, что в результате обработки агропромышленных отходов и животноводческих стоков, образующихся при интенсивном разведении скота, можно получать метан. В Европе уже целый ряд установок по очистке городских сточных вод удовлетворяют все свои энергетические потребности за счет производимого ими биогаза.

Еще одним важным вкладом биотехнологии в создание новых энергетических ресурсов является производство жидкого топлива, в частности этанола. Для получения этанола методом ферментации может использоваться самое разное сельскохозяйственное сырье, в том числе сахароза сахарного тростника, сахарной свеклы и мелассы, крахмал зерновых культур, маниока и картофеля и инулин топинамбура.

Пивные дрожжи (*Saccharomyces cerevisiae*) и некоторые анаэробные бактерии, такие, как *Zygomonas mobilis*, превращают сахар в этанол со средним выходом по весу в 47%. Имеется большое число подходящих для этого сырьевых материалов, причем по низкой цене. Однако с экономической точки зрения здесь существует один серьезный недостаток: этанол оказывает ингибирующее действие на микроорганизмы, которые его производят, и максимальная концентрация в реакторах не может превысить 8—10%. В результате дистилляция биоэтанола и его полная дегидратация, имеющая решающее значение при использовании его в качестве топлива, превращаются в дорогостоящие операции, на которые падает около 60% стоимости его производства.

В Бразилии используемый в качестве топлива этанол в широком масштабе получают из сахарного тростника. В настоящее время его производство составляет 8,4 млн. т, что соответствует 5,6 млн. т бензина самого высокого качества. С точки же зрения сельского хозяйства выход составляет 4,7 т с гектара сахарного тростника.

В настоящее время стоимость биоэтанола превышает стоимость бензина на

380 долл. за тонну. Однако в Бразилии экономическим стимулом производства биоэтанола является стремление поправить платежный баланс путем сокращения импорта бензина и обеспечения сбыта продукции сахарной промышленности, серьезно пострадавшей от падения мировых цен на сахар.

По аналогичным причинам огромный интерес к этанолу проявляется и в других странах. В США уже в течение нескольких лет производится «биохол» — горючее для автомобилей, содержащее 10% этанола, полученного из кукурузы. В Западной Европе планируется произвести 3,4 млн. т биоэтанола в год. Цель этого проекта — использовать излишки европейской пшеницы и сахарной свеклы. Однако в нем учтены и вопросы экологии. Пятипроцентная добавка этанола к моторному топливу заменяет тетраэтилсвинец — используемый в настоящее время антидетонатор, который в ближайшее время должен быть запрещен из-за своей токсичности.

Белки, вернее их отсутствие, являются главной проблемой питания в развивающихся странах. Статистические данные, опубликованные Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН (ФАО), показывают, что среднее потребление белка на душу населения в развивающихся странах составляет лишь половину потребления в развитых странах. Еще более удручающее различие сложилось в отношении белка животного происхождения, среднее потребление которого в развивающихся странах равно 13 г в день (22% дневной нормы развитых стран) и лишь 4 г в день в беднейших районах Африки и Азии.

В развивающихся странах для получения одноклеточного пищевого белка может быть использовано огромное разнообразие сельскохозяйственных продуктов и отходов. Сюда входят, в частности, лигноцеллюлозные вещества, которые имеются в больших количествах и стоят очень дешево. По данным Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП), при производстве зерна в мире остается ежегодно 1,7 млрд. т соломы; сюда можно добавить около 127 млн. т жома сахарного тростника и сахарной свеклы. В настоящее время главным препятствием на пути их использования для получения белка является отсутствие достаточно активных штаммов микроорганизмов. Последние результаты, полученные в лабораторных условиях, дают основание надеяться, что эта проблема будет в скором времени решена.

В настоящее время единственной развивающейся страной, которая занимается производством одноклеточного пищевого белка из сельскохозяйственного сырья с помощью микроорганизмов, является Куба. Из мелассы сахарного тростника она ежегодно производит 80 тыс. т дрожжей, идущих на корм скоту. Примеру Кубы, вероятно, скоро последуют и другие страны, такие, например, как Индия, где меласса также имеется в избытке и по низким ценам.

В Западной Европе уже в течение длительного времени получают одноклеточный пищевой белок из различных агропромышленных отходов, таких, как сыворотка молока (80 тыс. т ежегодно) и сульфитные растворы, использующиеся

Клонирование масличной пальмы

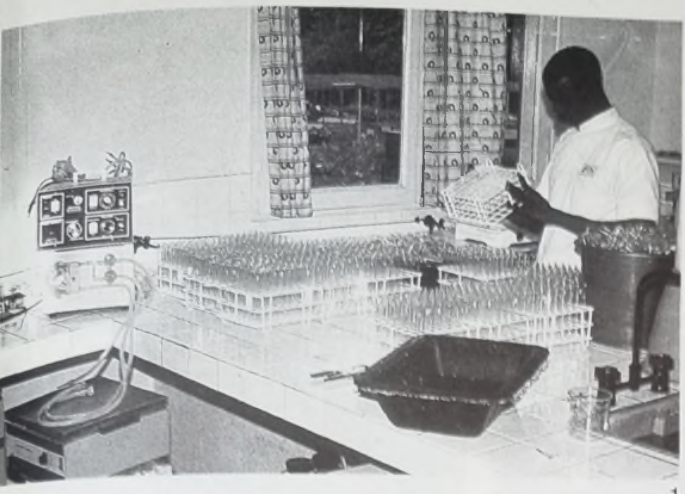
Масличная пальма (*Elaeis guineensis*) культивируется как источник получения масла во влажных тропических районах Африки, Америки и Юго-Восточной Азии, где ее плантации занимают несколько миллионов гектаров. Периоды отбора для получения более высокоурожайных сортов путем полового размножения были очень длительными, и их результаты обнаруживались лишь через 15—20 лет. В связи с этим в 70-е годы были предприняты попытки размножения маслич-

Photo © IRHO-CIRAD / ORSTOM, Paris



ной пальмы *in vitro* с использованием изолированной культуры ткани. С 1981 г. растение масличной пальмы производится в полупромышленном масштабе на научно-исследовательской станции Ла-Ме (Кот-д'Ивуар) с помощью клонирования (1) — приема, разработанного английскими и французскими учеными в 70-е годы. На снимках показаны отдельные стадии процесса клонирования. С верхушки дерева аккуратно берутся фрагменты очень молодых листьев (2) и помещаются в питательную среду, где развиваются каллюсы (3). После нахождения во второй, а затем в третьей культуральной среде каллюсы эволюционируют в «эмбриониды» (4), похожие на эмбрионы, полученные путем полового размножения. Они спонтанно размножаются, чему способствует перенесение их в четвертую культуральную среду. Пятая среда дает возможность эмбрионам развиваться в молодые облиственные растения (5). В шестой среде у побегов образуются корни (6), в седьмой — вырастают целые молодые растения, пригодные для посадки в почву (7). Для получения из эмбриоида 12-сантиметрового побега требуется 3 месяца.

Photo T. Durand-Gasselin © IRHO-CIRAD, Paris



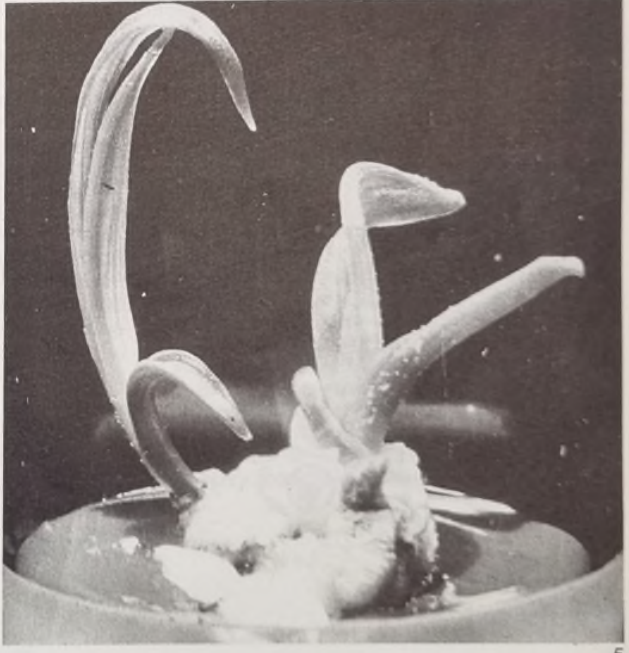
1



2



3



4

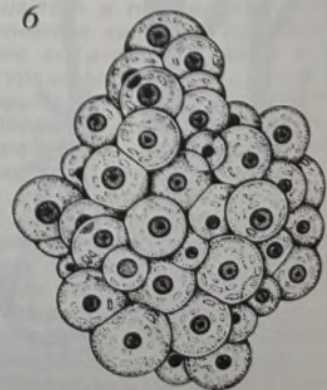
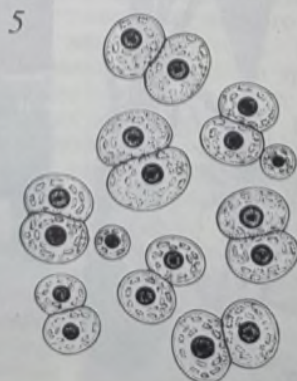
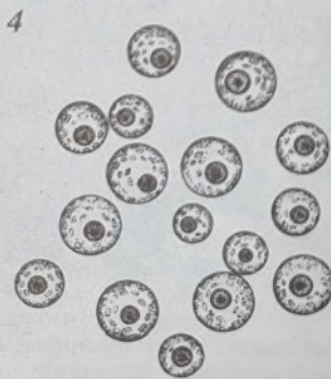
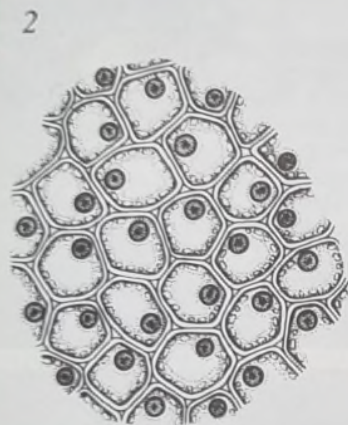


5

Photos C. Panellier © IRHO-CIRAD / ORSTOM, Paris

6

Удивительные протопласты



В настоящее время методы клонирования растений достигли такого высокого уровня, при котором из одной клетки можно в лабораторных условиях получить полноценное растение. На рисунках слева и внизу схематически показан процесс клонирования, примененный профессором Джеймсом Ф. Шепардом и его коллегами в Университете штата Канзас для получения полного растения картофеля из протопластов (живых клеток, стенки которых разрушены), приготовленных из клеток листа. С молодого растения картофеля берутся маленькие верхушечные листки (1). Затем их помещают в раствор, содержащий комплекс ферментов, способных разрушать стенки клеток, и получают протопласты (2). Под действием раствора ферментов протопласты высвобождаются из клеточной оболочки и приобретают сферическую форму, защищая таким образом протоплазму (3). Далее протопласты развиваются в культуральной среде (4), где происходит их деление и синтез новых клеточных оболочек (5). В этих условиях в течение двух недель каждый протопласт дает колонию недифференцированных клеток, или микрокаллюсов (6). В другой культуральной среде эти микрокаллюсы развиваются в каллюсы обычного размера (7); их клетки начинают дифференцироваться, образуя примордиальный побег (8). В третьей культуральной среде этот побег развивается в уже имеющее корни растение, которое высаживается в почву (9). При соответствующих условиях могут быть слиты протопласты двух различных растений, в результате чего получается клетка, обладающая генами растений, которые не поддаются скрещиванию классическими методами. Такое развитие растения из слившихся протопластов двух различных растений получило название "процесс соматической гибридизации".



при производстве бумаги (25 тыс. т в год). Как и при производстве биогаза, главным экономическим стимулом здесь является экономия средств на очистку потенциальных загрязнителей окружающей среды. Думается, что по этому пути вскоре пойдут и развивающиеся страны, где защита окружающей среды также превращается в насущную задачу.

Одним из самых значительных достижений микробиологии в решении проблемы получения пищевого белка будет его производство в промышленных масштабах из нефти, метанола и природного газа. Возникнув в Европе около 30 лет назад, эта отрасль биотехнологии достигла высокой степени развития, о чем свидетельствует наличие предприятий мощностью 100 тыс. т в год.



Photo Yves Jeannougn © Rapho, Paris

В процессах переработки нефти используются дрожжевые микроорганизмы (*Candida lipolytica* и *Candida tropicalis*), которые выращивают на дизельном топливе или парафине, предварительно выделенных из сырой нефти; они дают 100% выхода по весу. При получении метанола химическим путем из природного газа произведенная биомасса состоит из таких бактерий, как *Methylophilus methylotropha*, выход которой на этом субстрате составляет порядка 50% по весу. В процессах обработки метанола используются специфические метанопожирающие бактерии (*Pseudomonas methylotropha* или *Methylococcus capsulatus*) в сочетании с другими бактериями, в задачу которых входит предотвращение торможения деятельности метанопожи-

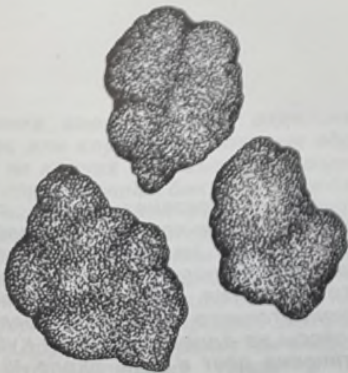
рающих бактерий путем промежуточного накопления метанола.

Проведенные в широком масштабе опыты с продуктами, полученными таким образом из нефти и метанола, со всей определенностью свидетельствуют об их высокой питательной ценности и полной безвредности. Вплоть до последнего времени эти белки поступали на рынок исключительно в качестве кормов животных, но как показывают исследования, они могут служить пищей и человеку.

После первого нефтяного кризиса 1973 г. производство в Западной Европе одноклеточного белка из нефти и метанола сократилось из-за повышения цен на эти сырьевые материалы. В то же время в странах Восточной Европы, включая

Обогащение кормов белком с помощью процессов ферментации является одной из перспективных отраслей биотехнологии, благодаря которой развивающиеся страны смогут увеличить свои ресурсы белка. В результате микробной ферментации таких культур, как маниок, который содержит большое количество крахмала и относительно мало белков, получается продукт со значительно более высоким содержанием белка. Хорошие результаты дает также ферментация бананов. В целом ряде стран-экспортеров изучается возможность использования огромного количества этих плодов, которые выбраковываются при приемке и практически пропадают. Вверху: сбор бананов на Мартинике.

7



8



9



СССР, оно значительно повысилось и сейчас составляет примерно 3 млн. т в год.

Эта отрасль биотехнологии представляет очевидный интерес для развивающихся стран — производителей нефти и природного газа, поскольку эти сырьевые материалы имеются у них в больших количествах и по ценам намного ниже мировых. Например, Организация стран-экспортеров нефти (ОПЕК) в качестве первого шага предполагает производить из нефти или метанола 100 тыс. т одноклеточного пищевого белка в год. По ее подсчетам, потенциальный рынок на Ближнем Востоке и в странах Магриба составляет более миллиона тонн. Следует указать, что это количество белка можно получить из 0,1% производимой ими нефти.

Обогащение продуктов питания белком с помощью процесса ферментации также открывает широкие перспективы. Применение современных биотехнологических методов в этой области, являющейся традиционной для стран Африки и Дальнего Востока, значительно расширили возможности получения в развивающихся странах белка, необходимого для человека и животных.

Конечным продуктом этого процесса ферментации является пригодная для потребления смесь богатой белком микробной биомассы и отходов переработки сельскохозяйственного сырья, питательная ценность которого таким образом повышается. Преимущество этой относительно простой технологии заключается в том, что она может использоваться как в крупном промышленном масштабе, так и на небольших дешевых установках в сельских общинах. Это означает, что высококачественный белок может производиться из большого числа сельскохозяйственных сырьевых материалов, которые либо слишком дороги, либо имеются в количествах, слишком малых для стандартного производства одноклеточного пищевого белка.

Во всех тропических районах главным сельскохозяйственным сырьем, пригодным для обогащения белком, является маниок. Он возделывается по всей Афри-

ке, в Азии и Латинской Америке, и его мировое производство составляет около 100 млн. т. Богатый крахмалом, но практически не содержащий белка, он используется прежде всего как дополнительная энергетическая добавка. И хотя при благоприятных условиях урожайность маниока может достигать 50 т с гектара и выше, он обычно возделывается на небольших участках земли самыми первобытными, низкопроизводительными способами.

В настоящее время единственной страной, в которой возделывание этой культуры ведется рационально, является Таиланд, ежегодно экспортирующий 7,5 млн. т корней маниока в страны ЕЭС.

При ферментации сухого маниока, содержащего 90% крахмала и менее 1% протеина, с применением расщепляющего крахмал грибка (*Aspergillus niger*) образуется продукт, содержащий 20% хорошо сбалансированных белков и 20—25% остаточных сахаров. Таким образом, маниок может давать почти 2 т белка с гектара, что в 3 раза больше, чем может быть получено при возделывании сои или других бобовых.

Большие перспективы в качестве сырья имеют также бананы. На сортировочных пунктах стран-экспортеров 20—30% плодов отбраковываются. Они не идут в корм скоту из-за низкого содержания белка (1,1%) и полностью пропадают. Для ряда стран Центральной Америки, которые ежегодно экспортируют несколько миллионов тонн бананов, перспектива использования с помощью процесса ферментации отбракованных в таком количестве плодов, несомненно, представляет огромный интерес и усиленно изучается в Мексике, Гватемале и странах Карибского бассейна.

Наконец, третий важный вклад, который может внести биотехнология в решение стоящей перед всем миром проблемы нехватки пищевого белка, — это **промышленное производство аминокислот** в качестве добавок к растительным белкам. Многие такие белки, по сути дела, имеют лишь ограниченную питательную ценность из-за отсутствия в них некоторых важных аминокислот, которые чело-

век и некоторые животные (в том числе свиньи, молодняк жвачных животных и домашняя птица) не могут синтезировать и потому должны получать вместе с пищей. Это особенно относится к лизину, который содержится в очень малых количествах в зерновых культурах. Его отсутствие является главной причиной истощения людей в развивающихся странах. Почти все аминокислоты, используемые в качестве добавок к растительным белкам, получают путем ферментации с применением бактериальных штаммов повышенной продуктивности, отобранных генетическим путем.

Помимо метионина, который главным образом идет на корм скоту, лизин является единственной из аминокислот, производимой в больших количествах (40 тыс. т ежегодно). По предварительным оценкам, мировой дефицит лизина наиболее остро проявляющийся в странах Африки и Дальнего Востока, составляет 136 тыс. т в пище человека и в 3 раза больше — в кормах для животных. При существующем в настоящее время положении стоимость производства лизина еще слишком высока, чтобы удовлетворить потребности в нем развивающихся стран и конкурировать с соевыми добавками в корма для животных. Такое же положение сложилось и в производстве других аминокислот, в частности треонина и триптофана, которые являются главными после лизина аминокислотами, отсутствующими в растительных белках. Однако есть основания утверждать, что благодаря генетической инженерии и здесь в скором времени будут достигнуты значительные успехи.

ЖАК СЕНЕ (Франция) — биолог, преподаватель университета. В предшествующие годы был генеральным секретарем Международной организации по исследованию клетки под эгидой ЮНЕСКО, а также советником Консультативной группы ООН по проблемам белка и генеральным секретарем Международного союза микробиологических обществ. В конце 60-х годов по его инициативе было начато производство одноклеточного пищевого белка из нефти. Автор работ по микробиологии и биохимии бактерий.

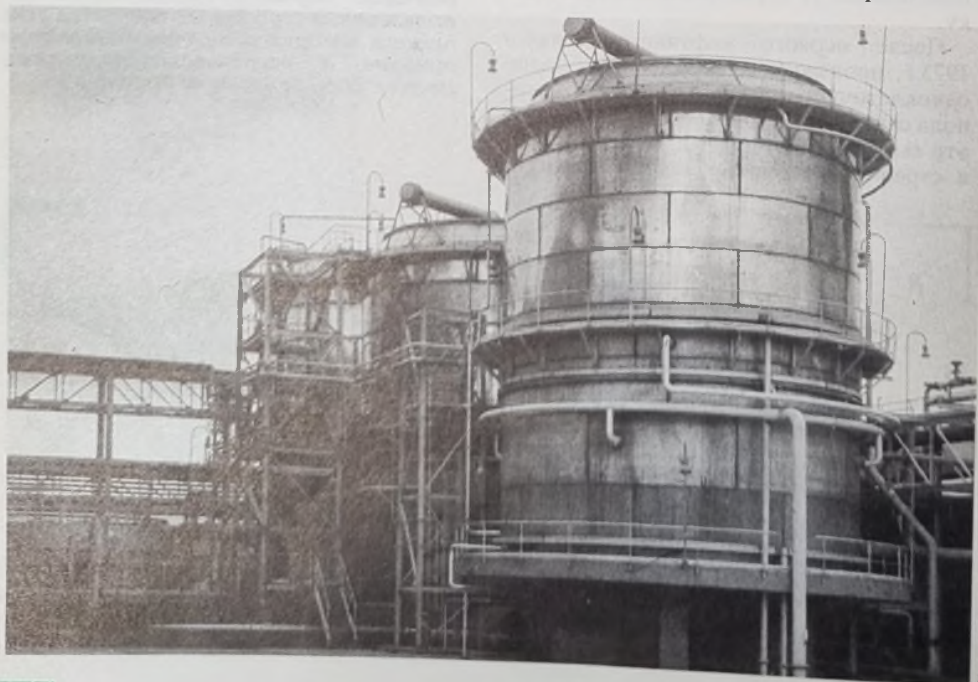


Photo © Speichim, Paris

Во многих развивающихся странах осуществляется комплекс мероприятий, направленных на использование методов биотехнологии в целях национального развития. Слева: производство одноклеточного пищевого белка из мелассы на одной из фабрик Кубы. Эта установка дает в день около 40 т белка, идущего на корм скоту.



Photo Noailles © Jacana, Paris

Генная революция

Двадцать лет назад «зеленая революция» (см. с. 7) принесла людям не только блага, но и проблемы, поэтому нет ничего удивительного в том, что сейчас, когда речь заходит о будущем применении генетической инженерии в сельском хозяйстве, реакция бывает одновременно оптимистической и настроенной. Это естественно, поскольку новые подходы, основанные на использовании так называемой рекомбинантной ДНК, будут иметь еще более далеко идущие последствия, чем повсюду «зеленой революции». Несомненно, этим волшебным способом можно преобразовать сельское хозяйство всего мира. В то же время при модификации живой клетки нужны осторожность и благоразумие.

Центральная роль здесь принадлежит дезоксирибонуклеиновой кислоте (ДНК), материалу, несущему в закодированной форме наследственную информацию о поведении клеток растений, микробов и животных. Исключительно длинная молекула ДНК может быть разделена на от-

резки — гены, ответственные за формирование конкретных признаков. Рекомбинантной ДНК называют вещество, возникающее при искусственном соединении фрагментов ДНК двух разных организмов.

Именно эти генетические манипуляции и стали причиной бума, происшедшего в биотехнологии за последние десять лет. Конечно, нечто похожее происходило и раньше. Некоторые приемы, например искусство изготовления алкогольных напитков путем сбраживания сахара, известны человеку с древнейших времен. Другие, в число которых входит и массовое производство антибиотиков, появились в начале нашего века. Однако во все эти процессы организмы вовлекаются в том виде, в каком они встречаются в природе, даже когда речь идет о выведении высокопродуктивных сортов.

С появлением же рекомбинантных ДНК «правила игры» совершенно изменились. У человека появилась возможность модифицировать живые организмы

На снимке вверху видны отдельные наросты, или клубеньки, которые образуются на корнях бобовых под воздействием определенных бактерий. Эти бактерии, известные как ризобии, поглощают азот из воздуха и преобразуют его в усвояемые растением соединения. Одна из важных и необычайно сложных задач биотехнологии заключается в том, чтобы распространить процесс азотфиксации на другие культуры путем внедрения азотфиксирующих генов в их наследственный аппарат.

в утилитарных целях, что, несомненно, найдет широкое применение в будущем.

Открытия, положившие начало новому этапу в создании не существовавших прежде растений и микробов, были сделаны в начале 70-х годов, в основном молекулярными биологами. Специалисты научились внедрять в бактерии гены, взятые у других бактерий и даже из животных и растительных клеток, принадлежащих к совершенно иному виду. Сначала определяют местонахождение нужного гена среди бесчисленного множества генов в ДНК одного организма. Затем с помощью естественных катализаторов (ферментов) «вырезают» этот ген и «вшивают» его в вектор. Это чаще всего вирус или плаزمид (кусочек ДНК, воспроизводящий себя независимо от ядра, главного хранилища ДНК). Вектор служит средством передачи выбранного участка ДНК реципиенту. Оказавшись в новом хозяине, инородный ген при делении клетки тоже делится. Так образуется клон клеток, причем каждая из них содержит точную копию этого гена.

В связи с тем что ферменты, применяемые в генетической инженерии, в высшей степени специфичны, нужна максимальная точность при извлечении генов и переносе их в другой организм. Такие манипуляции принципиально отличаются от гораздо менее предсказуемых случаев передачи генов, которые происходят в природе. Они дают возможность соединять друг с другом такие гены, для которых соединение естественным путем маловероятно. Таким образом, генетики могут создавать бактерии с нужными

свойствами, отвечающими задачам сельского хозяйства, промышленности и медицины.

И хотя генетические манипуляции с растениями не так просты, уже есть некоторые результаты. Из разработанных на сегодняшний день методик самая эффективная основана на использовании бактерии *Agrobacterium tumefaciens*, которая приводит к образованию корончатых галлов на поверхности многих цветковых растений. В ее состав входит плаزمид, вызывающая рост опухолей. Генетическая инженерия научилась удалять из этой плазмиды гены, способствующие возникновению опухолей, и использовать ее как вектор для переноса в растения новых генов.

До сих пор основная трудность заключалась в следующем: *A. tumefaciens* заражает картофель, помидоры и многие лесные деревья, но обычно не влияет на однодольные растения, например на злаки, которые являются основным объектом генетического усовершенствования. Однако здесь наметился некоторый прогресс: последние исследования показали, что эту плазмиду можно использовать для селекции риса. Идет также поиск альтернативных векторов и других методов передачи генов. Существует еще возможность использования электрического тока для введения инородной ДНК. Это удалось проделать с клетками кукурузы, однако ученым еще предстоит научиться регенерировать из этих клеток целые растения.

При помощи *A. tumefaciens* в табак ввели ген, способствующий выделению

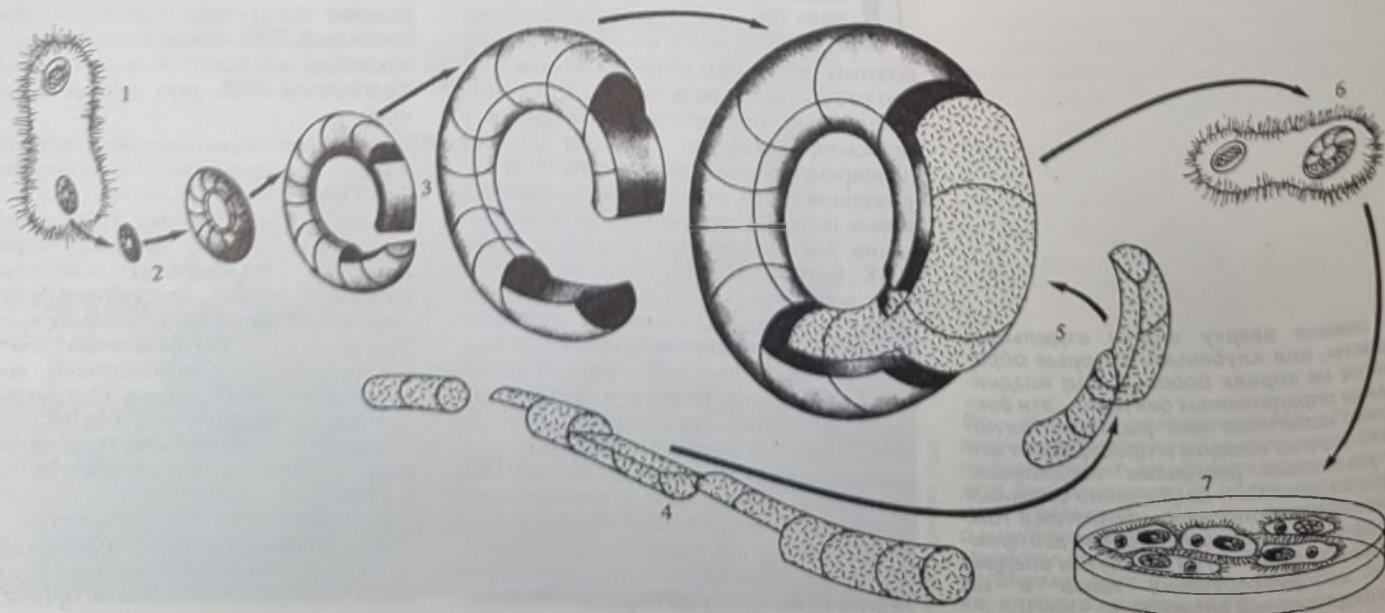
смертельного для насекомых токсина. Присутствующий внутри растения инсектицид придает ему устойчивость к насекомым. Некоторые растения способны мобилизовать в себе защитные силы и логичен иммунизации у животных, и это указывает на еще один путь генетических изменений. Внедрение одного вирусного гена в табак способствует защите этого растения от последующего заражения самим вирусом.

Другое направление исследований связано с сорняками, которые являются основной помехой для возделывания культурных растений в большинстве стран. И хотя с сорняками можно бороться при помощи избирательно действующих гербицидов, их применение зачастую отрицательно сказывается на росте основной культуры. Однако сейчас стало возможным вводить гены устойчивости к гербициду в табак и петунию. Одна из подобных манипуляций приводит к синтезу в растении ферментов, благодаря которым оно утрачивает чувствительность к замедляющему рост гербициду. Торговые фирмы уже планируют выпуск наборов, состоящих из гербицида и семян, имеющих повышенную устойчивость к его действию.

Около 70% белка люди получают из злаков и бобовых. Но сами по себе эти культуры не могут обеспечить человеку сбалансированное питание, потому что накопленным в них белкам недостает одной или нескольких аминокислот. Сейчас, помимо данных анализа структуры белков, входящих в состав злаков и бобо-

Рекомбинация ДНК

На рисунке показано, как воздействуют на микроорганизм (в данном случае на бактерию), заставляя его синтезировать желаемое вещество. Кроме ДНК, в своем клеточном ядре бактерия (1) содержит плазмиду, представляющую собой молекулу ДНК кольцевой формы, которая находится вне ядра в цитоплазме. Эта плаزمиды изолируется (2) и с помощью рестриктирующего фермента раскрывается в точно определенном месте (3). Тем временем с помощью других рестриктирующих ферментов из ДНК другого организма выделяются гены, определяющие синтез желаемого вещества (4). С помощью других ферментов этот ген встраивают в ранее открытую плазмиду (5). Плазмиду возвращают назад в бактерию (6). После этих манипуляций бактерии помещают в культуральную среду, где они синтезируют желаемое вещество (7).



вых, мы располагаем точной информацией о кодирующих их последовательностях ДНК. На основе этих знаний можно разработать методы, с помощью которых будет изменена эта последовательность или введены новые гены, кодирующие белки с более сбалансированным спектром аминокислот.

Мировые запасы энергии и продовольствия зависят от способности зеленых растений под действием солнечного света превращать содержащийся в атмосфере углекислый газ в углеводы, жиры и белки. К сожалению, у растений, выращиваемых в умеренном климате, например у пшеницы, ячменя и картофеля, механизм переработки углекислого газа действует неэффективно. Атмосферный кислород мешает первому ферменту, участвующему в ассимиляции углекислого газа. Сейчас прилагаются значительные усилия, чтобы изменить последовательность ДНК гена, кодирующего этот фермент, и тем самым снять отрицательное воздействие кислорода. Другие ученые пытаются ввести в растения умеренной зоны гены, взятые у кукурузы, у которой механизм преобразования углекислого газа более эффективен. В природе такой механизм, по-видимому, действует только при более высоких температурах, но есть надежда заставить его работать и в более прохладных районах.

Параллельно изучается возможность использования еще одного атмосферного газа для повышения продуктивности растений — азота. Он составляет 80% воздуха, однако растения не могут непосредственно усваивать его. Вот почему современное интенсивное сельское хозяйство так сильно зависит от синтезируемых химической промышленностью удобрений. Фиксация природного азота отчасти осуществляется ризобиями — бактериями, существующими в симбиозе с бобовыми, такими, как горох, фасоль и клевер. Эти бактерии используют для своего развития сахара, выделяемые растением, и образуют клубеньки на его корнях. В них происходит превращение азота в аммиак, что в свою очередь ведет к синтезу растительных белков.

Специалисты в области молекулярной биологии уже выделили и охарактеризовали некоторые гены, которые требуются для фиксации азота. Однако они обнаружили, что в этом процессе участвует гораздо больше генов бактерий и растений, чем они изначально предполагали. Это, естественно, затрудняет работу с такими генами. Значит, пройдет еще несколько лет, прежде чем мы «научим» такие культуры, как пшеница и кукуруза, фиксировать азот и ощутим экономии денег и энергии.

Засуха и жара неблагоприятны для всех растений, хотя сорта, выведенные в такой среде, переносят их лучше. Засушливые почвы часто содержат много солей и токсичных металлов, сдерживающих рост растений. Генетическая инженерия с радостью создала бы растения, устойчивые к подобным стрессам, но надежд на успех в этой области в ближайшем будущем мало. Прежде чем выявить последовательности ДНК, подходящие для передачи от одного растения к другому, ученым предстоит глубже изучить многообразные механизмы взаимодействия растений с окружающей средой. Дело

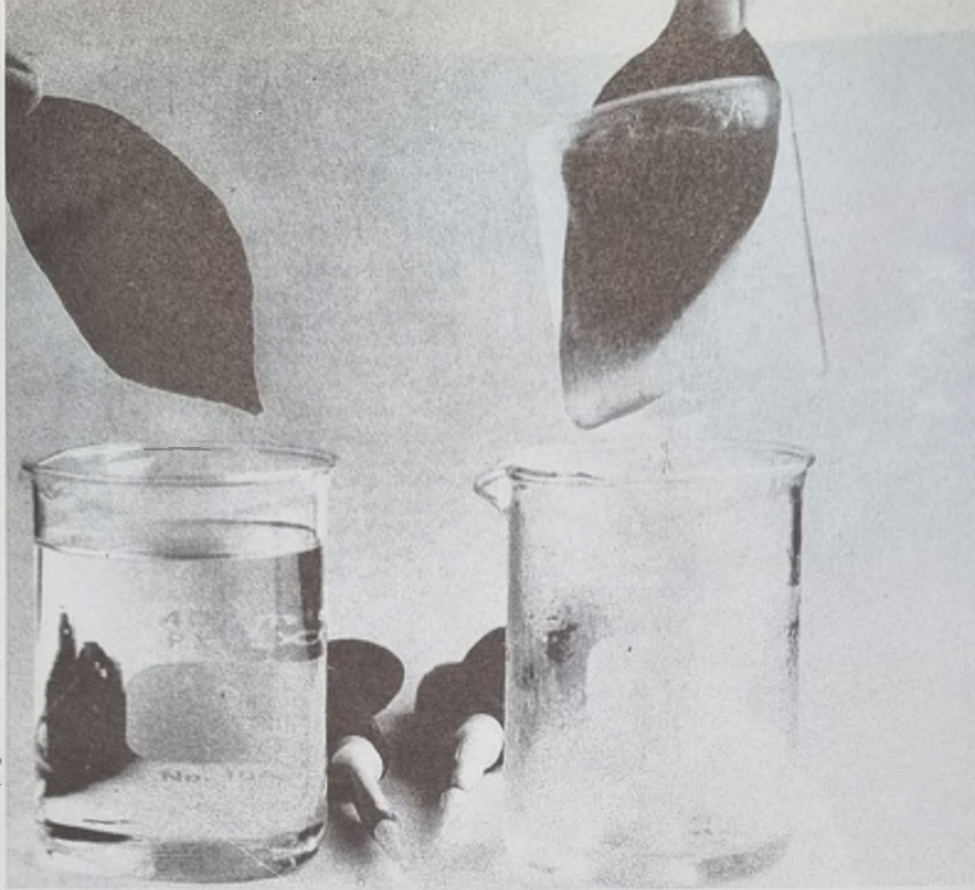


Photo D. Tepler © INRA, Paris

может осложниться участием в этом процессе других генов, как это было в случае с фиксацией азота. Например, устойчивость к засухе, которая зависит от уменьшения поверхности листьев, может обеспечиваться взаимодействием множества генов.

Генетическая инженерия занимается также микробами, способствующими здоровому росту растений. Изучается возможность получения и распространения во внешней среде ризобии, фиксирующей азот более эффективно, чем природные штаммы. Исследуются также другие бактерии, способные фиксировать азот во взаимодействии с пшеницей и кукурузой. Еще одна перспектива связана с открытием ученых из Калифорнийского университета (Беркли), обнаруживших, что во время заморозков клубника гибнет от бактерий, которые становятся центром кристаллизации льда на листьях. Этот процесс вызван особым бактериальным белком, ген которого калифорнийские ученые научились удалять из бактерий. Они считают, что могут предотвратить огромные убытки от заморозков путем распыления такого не вызывающего

Ключевое направление исследований в биотехнологии связано с разработкой методики выделения генов одного растения и введения их в другое. В результате растение-реципиент обретает новые признаки, например, более высокое содержание белка или сопротивляемость вредителям. Одна из наиболее перспективных методик — перенос генов с помощью плазмид (маленьких кусочков генетического материала) из бактерий, которые вызывают рост опухолей у растений. Можно удалить из плазмиды гены, способствующие образованию опухолей, а саму ее использовать для переноса растениям новых «полезных» генов. На основе этого метода гены белка бобовых были перенесены в подсолнечник.



образования льда штамма, который вытеснит естественную микрофлору.

Генетическая инженерия многое обещает и в плане совершенствования «биологических инсектицидов», микробов, поражающих вредителей и имеющих огромные экологические преимущества по сравнению с соответствующими химическими веществами. Так, в течение многих лет для борьбы с особо стойкими видами вредителей использовалась *Bacillus thuringiensis*, но она и ей подобные бактерии и вирусы могут быть усовершенствованы с помощью рекомбинантной ДНК. Можно привести пример с шелкопрядом, повреждающим стелющуюся сосну на севере Англии. В других районах Англии численность этого шелкопряда находится под естественным контролем бакуловируса, который заражает гусениц. Сейчас планируется создать вирус, более эффективно уничтожающий гусениц, и распространить его в сосновых массивах. Первые эксперименты проводились с вирусом, который отличался только тем, что содержал «маркер» в некодирующем участке ДНК. Это даст ученым возможность следить за распространением и выживанием вируса после распыления. Если все будет идти хорошо, то вирус можно будет снабдить геном, благодаря которому он сможет синтезировать смертельный для насекомых токсин. Потенциальные возможности этой методики для борьбы с другими насекомыми очевидны.

Безопасность работы с создаваемыми в лабораториях и на предприятиях организмами основана на принципе разумного контроля. Введена градация предприятий по степени риска. Однако при внедрении микробов и растений в окружающую среду возникают новые вопросы. Некоторые, например, опасаются, что кто-нибудь нечаянно «создаст» сорняки, с которыми потом будет чрезвычайно трудно бороться. Если они окажутся

устойчивыми к засухе, гербицидам и холоду, то смогут быстро распространиться по большой площади сельскохозяйственных угодий, и от них будет нелегко избавиться. Как видно на примере растений кудзу в Азии и водяного гиацинта в Америке, даже естественно растущие сорняки могут причинить немало хлопот.

Перспектива превращения созданных генетической инженерией злаков в сорняки малореальна, поскольку злаки, если их оставить без ухода, не выстоят перед другими растениями. Трудности, связанные с мобилизацией генов растений, также делают маловероятным случайное появление нежелательных видов. Растение, полученное с помощью генетической инженерии, вначале высаживают на ограниченном участке, и, если возникнет необходимость, его всегда можно сжечь или уничтожить другим способом. Тем не менее за полевыми испытаниями новых растений, особенно культур, способных к перекрестному опылению с сорняками, надо внимательно следить.

Особая осторожность нужна при работе с новыми микробами, которые размножаются в астрономических количествах. Любая случайность — и за ними будет невозможно уследить. Однако пока нет оснований беспокоиться: с тех пор как десять лет назад впервые были выделены организмы-рекомбинанты, они не создали опасности ни для здоровья, ни для окружающей среды, ни в ином отношении. Более того, сейчас биологи пришли к выводу, что нет существенной разницы между микробом, получившим новый фрагмент ДНК в результате искусственной манипуляции, и микробом, получившим точно такой же фрагмент ДНК посредством естественного механизма передачи генов. Большинство специалистов утверждает, что работа с рекомбинантными ДНК намного безопаснее, потому что она более точна и избирательна. Некоторые лабораторные манипуля-

Использование генетической инженерии при производстве продуктов питания дает много потенциальных преимуществ. В то же время возникает много вопросов относительно безопасности попадания в окружающую среду генетически модифицированных живых организмов. Большие споры в США вызвали разработка и применение генетически модифицированных микробов, известных как «размораживающие» бактерии, которые используются для защиты клубники от заморозков. На снимке: левый лист был обработан «размораживающими» бактериями. Лист ладенную воду.

ции сразу же исключаются, поскольку есть предположения, что они могут дать опасные рекомбинанты.

Многие исследователи считают, что испытания рекомбинантных организмов всегда должны проводиться в замкнутых средах, например в теплицах. Но такие «микросреды» никогда не смогут воспроизвести все богатство природной биосферы и никогда не дадут окончательных данных о потенциальной безопасности организма или о его поведении в природе. Сейчас ученые согласны с тем, что нужен поэтапный подход, при котором на основании априорных данных о возможном поведении созданного организма необходимо последовательно проводить все более крупномасштабные испытания, накапливать опыт и уверенность в том, как этот организм поведет себя в природе.

Есть еще один аргумент против привлечения внимания широкой общественности США точки зрения, согласно которой организмы, несущие рекомбинантные ДНК, никогда нельзя выпускать в окружающую среду в целях борьбы с вредителями. Из-за болезней и вредителей сегодня в мире теряется одна треть всего урожая зерновых. И было бы неразумным отказываться от экологически приемлемой методики, способной хотя бы немного снизить эти потери.

БЕРНАРД ДИКСОН (Великобритания) — популяризатор науки, европейский корреспондент журнала «The Scientist». В 1969—1979 г. был редактором английского научного журнала «The New Scientist». Наиболее значительные из его работ «Magnificent Microbes» (1976), «Invisible Allies» (1976) и написанная в соавторстве с Г. Холистером книга «Ideas of Science, Man and Medicine» (1986).



Photo © Hitaon Ltd., Tokyo

Зеленые фабрики

Автоматизация сельского хозяйства в Японии

Коитибара Хироси

Применение сложнейшей современной техники для выращивания овощей может привести к новой революции в сельском хозяйстве Японии, где некоторые крупные промышленные компании уже создали автоматизированные «фабрики» по выращиванию овощей в искусственных условиях, полностью контролируемых компьютерами. По степени автоматизации и использованию новейшей техники эти предприятия напоминают заводы автомобильной или электронной промышленности, только вместо автомашин или видеоманитрофонов здесь с конвейера — независимо от времени года, погодных или климатических условий — сходят свежие овощи.

Если быть точным, на этих фермах используются не методы биотехнологии, а традиционные агротехнические приемы в сочетании с промышленными методами управления и производства. Идея заключается не в адаптации растений к естественным условиям, а в создании искусственно контролируемой среды, в которой они могли бы развиваться быстро и эффективно. Эти принципы уже успешно применяются на птицефермах. Фабрики-фермы, по-видимому, окажут существенное воздействие на «классическое» земледелие, поскольку дадут возможность планировать производство без скидки на капризы погоды, время года, клима-

Вверху: на этой «зеленой фабрике» в пригороде Токио освещение, температура и влажность регулируются компьютером. Один из ее недостатков — высокое потребление электроэнергии.

тические изменения или особенности почв.

Решающее слово здесь принадлежит гидропонике — выращиванию растений без почвы, в питательном растворе. На промышленных фабриках-фермах обеспечивается кондиционирование воздуха, а также круглосуточное интенсивное освещение с помощью натриевых ламп высокого давления. Компьютер поддерживает на заданном уровне содержание кислорода, углекислого газа, соответствующий режим температуры и влажности, сохраняя идеальные для роста растений условия.

На этих «зеленых фабриках» используется широко распространенное оборудование, которое можно приобрести у любой электротехнической компании. Этим, вероятно, и объясняется активность крупных японских фирм в данной области. Аналогичные эксперименты проводились в Дании, США и Австрии, однако первенство по-прежнему удерживает Япония.

На международной выставке, проходившей в 1985 г. в Цукубе (см. «Курьер ЮНЕСКО», апрель 1985 г.), одной из главных достопримечательностей

павильона Японии был гигантский куст помидора, названный «Супертоматом»; это блестящее доказательство возможностей гидропоники явилось результатом многолетних исследований, проведенных японским агрономом Нодзавой Сигео. Растение, помещенное в искусственную среду и питательный раствор, заменивший ему почву, росло буквально на глазах и за полгода, пока продолжалась выставка, принесло более 13 тыс. плодов.

При содействии фирмы «Хитати» крупнейшая японская торговая компания «Дайей», контролирующая сеть супермаркетов, построила близ своего магазина в пригороде Токио Фанабаси фабрику-ферму для выращивания салата-латука, который реализуется в этом магазине. Это, по-видимому, первая полностью автоматизированная ферма с использованием гидропоники в коммерческих целях. Ежедневно на площади около 66 кв. м здесь собирают 130 кочанов латука и другие свежие овощи (около 47 тыс. в год). Урожай салата снимается через пять недель — в 3,5 раза быстрее, чем при культивировании традиционными методами.

На этой ферме будущего роль солнца выполняет круглосуточное искусственное освещение, вместо почвы используется питательный раствор, а сельскохозяйственных рабочих заменил компьютер. В аппетитной продукции нет ни

пестицидов, ни гербицидов; она пользуется огромным спросом, хотя цены на нее в 2 раза выше, чем на овощи, выращенные обычным путем.

Эта установка, демонстрировавшаяся в японском павильоне на Международной выставке ЭКСПО-85, проходившей в Цукубе (Япония), позволяет с помощью цепных конвейеров осуществлять ротацию лотков с рассадой салата, выращиваемого в питательном растворе, то есть методом гидропоники. В условиях круглосуточного освещения, высокого содержания в воздухе углекислоты и постоянной температуры салат созревает в течение 20 дней — в 4—5 раз быстрее обычного. Благодаря движению конвейерной ленты каждое растение получает одинаковое количество тепла и света.

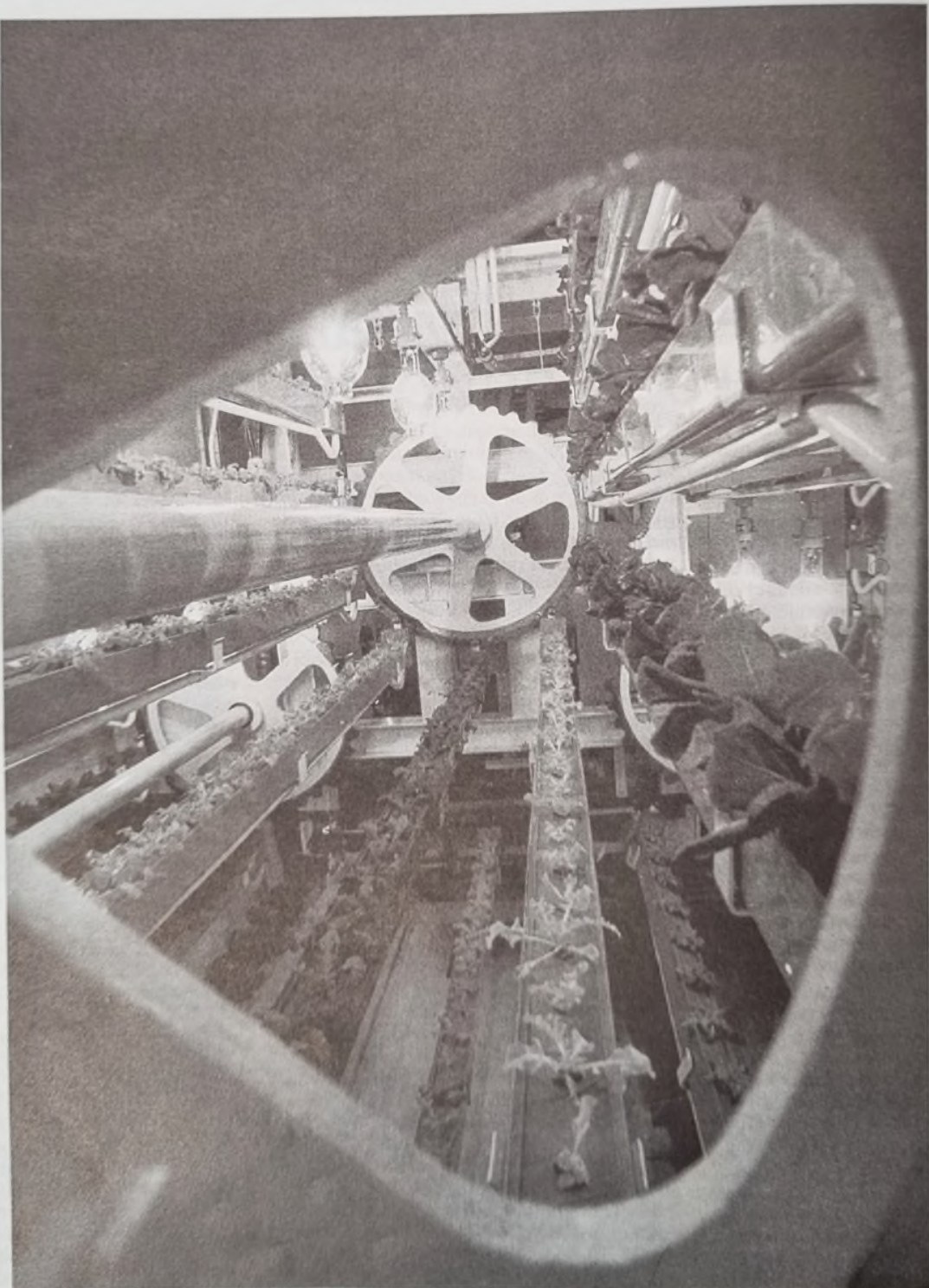
Сотрудники лаборатории фирмы «Мицубиси» в Амагасаки создали прототип системы ускоренного конвейерного производства. Им удалось сократить срок вегетации в 6 раз: за 15 дней все кочаны латука увеличивается с 2 до 130 граммов. По их мнению, разработанные ими флюоресцентные лампы обеспечивают более эффективный фотосинтез, чем солнце. Конвейерная лента с рассадой, полученной методом клонирования тканей взрослых растений, движется со скоростью 20 см в сутки.

В марте 1986 г. японская национальная компания железных дорог построила две экспериментальные фермы, каждая стоимостью 60 тыс. долларов и площадью 50 кв. м. С мая на фермах получают по 120 кочанов латука ежедневно. В настоящее время проводятся

эксперименты по выращиванию здесь и других овощей, например помидоров, капусты, спаржи, дыни, зеленого перца. В этих целях в ночное время, когда нагрузка на сеть снижается, эффективно используется электроэнергия с принадлежащих компаний электростанций. Для оборудования электростанций ферм можно использовать заброшенные тоннели или пространство под эстакадами железных дорог.

Искусственное освещение и компьютерная техника отнюдь не являются обязательной принадлежностью промышленного метода выращивания культур, поэтому фабрики-фермы, основанные на гидропонном методе, можно создавать и в развивающихся странах, где они наиболее необходимы. Так, например, фирма по производству электрооборудования «Мацусита»

Photo Ethan Hoffman © Cosmos, Paris





● 調査日 昭和59年10月3日

生長寸法	5.0	メートル
着果トマト数	903	個
収穫トマト総数	0	個

Photos © AFP, Paris

построила на Мальдивских островах ферму с минимальным привлечением средств автоматизации. Под пластмассовой крышей, защищающей посадки от горячих лучей солнца, выращивается 50 т овощей в год, при этом используется в 5 раз меньше воды, чем при традиционных методах.

«Зеленые фабрики» обладают целым рядом преимуществ: возможность планирования производства, контроль за качеством продукции, низкая стоимость рабочей силы, отсутствие загрязнения среды. При оптимальном использовании имеющейся площади они гарантируют стабильное производство продукции независимо от климатических условий и времени года. Основной их недостаток — высокая стоимость потребляемой энергии. На ферме, построенной «Мицубиси», расходы на освещение составляют 90% совокупных затрат.

Однако можно с уверенностью утверждать, что специалисты сумеют найти способы снижения затрат электроэнергии, повышения эффективности фотосинтеза и применения методов биотехнологии.

Будем надеяться, что промышленные способы производства продовольствия не превратятся в монополию нескольких развитых стран, а станут достоянием тех, кто в них больше всего нуждается. ■

КОИТИБАРА ХИРОСИ (Япония) — экономист, сотрудник Секретариата ЮНЕСКО.

Одной из основных достопримечательностей ЭКСПО-85 был гигантский куст помидора, давший за 6 месяцев работы выставки более 13 тыс. плодов. Растение подкармливалось особым питательным раствором и находилось в искусственно контролируемой среде, получая оптимальное количество света и тепла.

Осмотр кустов помидора на построенной японцами «зеленой фабрике» на Мальдивских островах, где используется метод гидропоники. Технология выращивания овощей была адаптирована к условиям этой развивающейся страны в Индийском океане (снимок внизу).



Photo © Matsushita Electric Trading Co., Osaka

Гибриды XXI века

Раиса Г. Бутенко и Злата Б. Шамина

Метод культуры тканей, клеток и протопластов растений не только помог узнать много нового и удивительного об обмене веществ, генетике и способности растительной клетки к выполнению разных программ развития, но и послужил основой создания новых технологий для сельского хозяйства и промышленности, принципиально отличных от традиционных. Ряд технологий находит коммерческое применение уже сегодня, другие готовятся к использованию в самое ближайшее время, некоторые будут использованы в не столь уж близком будущем.

Многие важные лекарственные растения, произрастающие в природных условиях, являются реликтовыми, запасы их ограничены, поэтому сбор лекарственного сырья может грозить полным исчезновением данных видов. Кроме того,

Клеточные культуры могут быть сырьем для производства медицинских препаратов растительного происхождения. Таким методом советскими и японскими учеными был выращен женьшень (Panax schinseng). Родовое название женьшеня, Panax, означает по-гречески «панацея». На Востоке женьшень издавна считается лекарством от многих недугов.



выращивание на плантациях способных к интродукции дикорастущих растений отнимает ценные земли, сокращая в свою очередь посевные площади и под сельскохозяйственными растениями.

Решение этой проблемы было найдено в промышленном выращивании клеточных культур лекарственных растений аналогично культурам микроорганизмов-продуктов. Методами классической генетики микроорганизмов были получены продуктивные штаммы женьшеня — реликтового растения, произрастающего в узком ареале на Дальнем Востоке. Эти штаммы, обладающие свойствами, снижающими усталость, повышающими сопротивляемость организма, выращивают на биохимических заводах, они дают высокий урожай биомассы, содержащей физиологически активные вещества. Разработка технологии промышленного глубинного выращивания клеток лекарственных растений оказалась рентабельной, и теперь на очереди другие клеточные культуры, такие, как диоскорея и раувольфия.

Кроме традиционных методов селекции микроорганизмов, есть новые подходы для получения продуктивных штаммов, в частности гибридизация активно размножающихся и обладающих высоким уровнем биосинтеза партнеров. Пока в результате индуцированного мутагенеза и оптимизации условий выращивания получены штаммы с общей повышенной продуктивностью, в некоторых случаях содержание биологически активных веществ не ниже, чем в исходном растении.

Многие из вегетативно размножаемых сельскохозяйственных растений накапливают патогены, особенно вирусы, освободиться от которых при обычных методах размножения практически невозможно. Культивирование же верхушек побега — меристем — не только освобождает будущее растение от инфекции, но и позволяет получить от одной меристемы неограниченное количество потомков. Эта технология — клональное микроразмножение — широко применяется во всем мире для картофеля, декоративных и ягодных культур.

Хотя древесные породы гораздо труднее регенерируют растения из микропобегов, в Советском Союзе разработаны условия для массового получения клонов тополя бальзамического, гибридов тополя и осины, чая и citrusов, и др. Это особенно ценно, так как позволяет брать исходный материал от элитных экземпляров и через несколько лет получать целые рощи высококачественных, полностью идентичных исходному дереву.

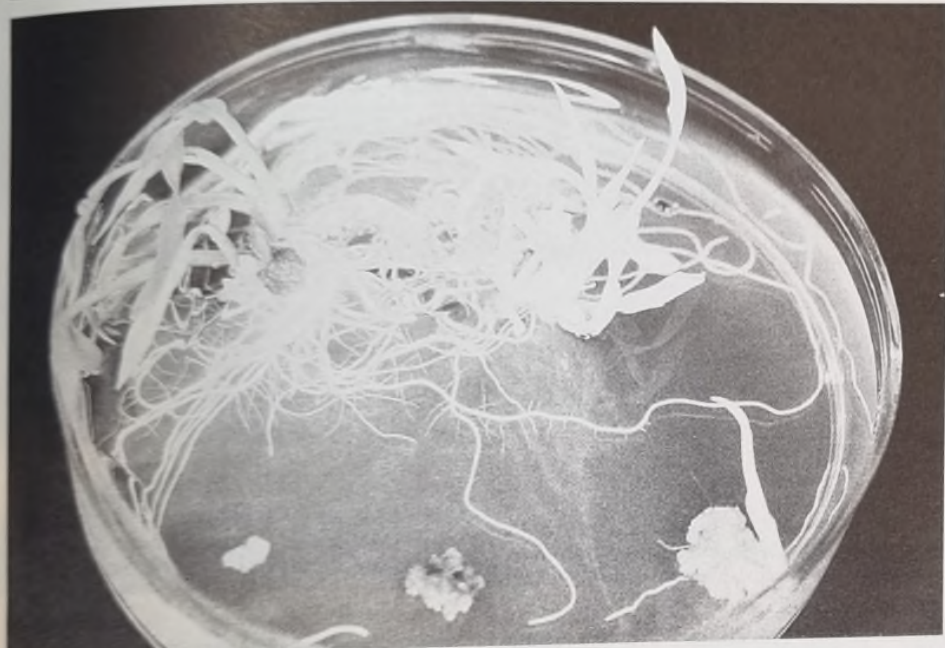
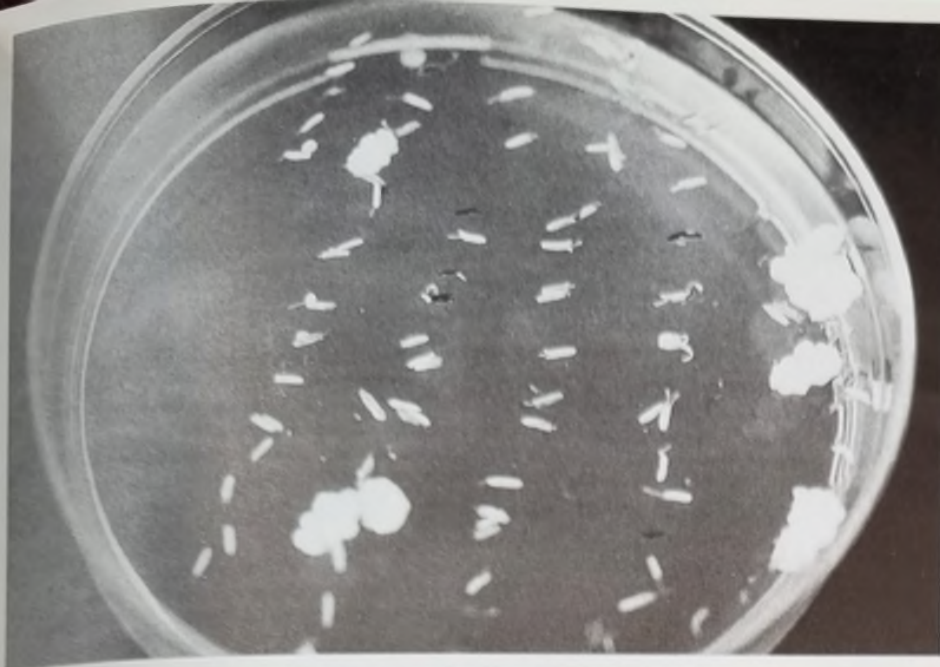
Клональное микроразмножение чрезвычайно важно и для сохранения генетических ресурсов. Это касается редких,

исчезающих видов и уникальных генотипов, полученных при гибридизации и мутагенезе. Сегодня клональное микроразмножение вошло в технологию селекционного процесса для сахарной свеклы, злаковых гибридов, кормовых трав.

В селекции очень важно использование гаплоидии, особенно для отбора константных гибридов. Обычными методами стабильные формы с сочетанием полезных признаков можно получить через 10—12 лет. Культивирование пыльников гибридов первого поколения сокращает этот процесс в 3—4 раза. В СССР таким способом получены новые сорта ячменя, тритикале, табака, перспективные исходные формы картофеля и многих других сельскохозяйственных растений. Новая технология значительно упрощает и сокращает селекционный процесс.

Достижением клеточной биологии стало искусство получения так называемых «соматоклональных вариаций» — широкого разнообразия растений-регенерантов. Причем среди соматоклонов можно отобрать формы, сохраняющие все положительные черты сорта, но с направленным добавлением нескольких нужных, особо жизнеспособных признаков. Такое сочетание хозяйственно ценных признаков трудно получить при гибридизации или мутагенезе — традиционных селекционных приемах. А среди соматоклонов картофеля в институтах картофельного хозяйства Советского Союза были отобраны формы, сочетающие высокую продуктивность, устойчивость к фитофторе и вирусам. Соединение в культуре риса скороспелости с удлиненной формой зерновки, не поддавшееся обычной селекции круглозерных форм, оказалось достигнутым в соматоклоне риса. Соматоклональные вариации, по-видимому, прекрасная основа для выделения устойчивых к стрессовым факторам и продуктивных растений.

Приведенные выше примеры показывают успехи биотехнологии сегодня, те реальные направления, которые в Советском Союзе вошли в практику сельского хозяйства и завоевали позиции в промышленности. Среди тех направлений, которые обещают близкий успех, то есть прошедших проверку в лабораториях, но еще не масштабируемых, наиболее перспективной является клеточная селекция. В настоящее время едва ли не самая серьезная проблема в сельском хозяйстве — получение гарантированных урожаев в зоне рискованного земледелия. Это подразумевает создание сортов важнейших продовольственных культур, устойчивых к болезням, вредителям, гербицидам и неблагоприятным факторам среды. Для нашей страны важна в первую очередь их невосприимчивость к засолению, засухе и морозам. Селекция на клеточном



В этой чашке (верхний снимок) находятся пыльники (мешочки с пыльцой). В питательном растворе они превращаются в каллюс (нижний снимок), из которого может быть регенерировано целое гаплоидное растение (вверху справа; см. также с. 6).

уровне позволяет создавать условия, при которых погибают все клетки, кроме устойчивых, а выжившие клетки представляют собой потенциальные растения. Таким образом, культивируя клетки на средах с высокой концентрацией солей, можно получить солеустойчивые растения. Это дает возможность наряду с соматическими вариантами вести направленный отбор измененных клеточных линий, а затем и измененных растений с особо ценными признаками.

Современный уровень и темп развития селекции диктует поиск новых методов и исходных форм для создания сортов будущего, тех, которые станут перспективными в следующем столетии. Уже сегодня остра потребность в новых подходах, которые принесут успех в дальнейшем. Открывается путь к привлечению диких форм, несущих ценные гены, к переносу генетического материала при

слиянии соматических клеток нескрещивающихся родителей. Уже есть примеры использования соматических гибридов — культурного и дикого картофеля. Один из них при сочетании признаков родителей «награжден» благодаря переносу цитоплазматических генов еще и устойчивостью к вирусным заболеваниям.

Еще более перспективным и многообещающим видится создание «цибридов» — гибридных форм, получивших цитоплазму двух родителей, а ядро одного. Возможности такого конструирования теоретически неограниченны. Можно трансформировать клетку, перенося в нее не только ядро, цитоплазму или отдельные органеллы и хромосомы другого партнера, но и отдельные гены, предварительно клонированные в бактериях.

Хотя многое из этого кажется фантастичным, но именно исследователю воображению обязан тот факт, что принципиальная схема осуществления этих процессов уже разработана. На очереди создание технологии трансформации. Первыми признаками, полученными при переносе отдельных генов, по-видимому, будут устойчивость к гербицидам, некоторым стрессам, возможно, повышенная биосинтетическая активность, если будут

выделены ключевые ферменты биосинтеза физиологически активных веществ.

Клонирование индивидуальных генов кажется реальным в ближайшем будущем. Дальнейшей задачей станет перенос интегральных признаков, для осуществления которого необходимо будет научиться выделять и клонировать регуляторные гены. Решение этой проблемы кажется сейчас еще далеким и экзотичным. Однако и большинство технологий, уже используемых сегодня в сельском хозяйстве, казались недавно только фантазиями ученых-биологов. ■

РАИСА ГЕОРГИЕВНА БУТЕНКО (СССР) — специалист в области клеточной биологии и физиологии растений, член-корреспондент АН СССР и ВАСХНИЛ, заведующая Отделом биологии клетки и биотехнологии Института физиологии растений АН СССР. Ведет большую научную работу в области культуры изолированных тканей и клеток растений. Имеет около 300 печатных работ.

ЗЛАТА БОРИСОВНА ШАМИНА (СССР) — специалист в области клеточной биологии и генетики растений. Автор более 100 печатных работ.

Биотехнология открывает широкие возможности для улучшения жизни крестьян в развивающихся странах. Но будут ли они полностью реализованы?

Зерна надежды

Эдвард Вулф

В 20—40-е годы в сельском хозяйстве промышленно развитых стран широко применялась механизация, что позволило резко увеличить объем продовольственной продукции в расчете на одного работающего за единицу времени. После второй мировой войны на смену механизации пришла химизация сельского хозяйства; во всем мире получили распространение минеральные удобрения и синтезированные пестициды, что привело к повышению урожайности на единицу площади. В свою очередь биотехнология переносит внимание исследователей непосредственно на сельскохозяйственные культуры.

Пока успехи достигнуты лишь в промышленно развитых странах, где эти проблемы интересуют многих, но до сих пор слабо осознается опасность распространения в окружающей среде созданных методами генетической инженерии микробов и растений. Разработка нормативов и правил использования новых технологий вызвала горячие споры по вопросам генетической инженерии. В США внимание общественности привлекли главным образом предложения, касающиеся внесения в окружающую среду модифицированных бактерий, способных замедлять воздействие заморозков на побеги клубники и кусты картофеля (см.

фото на с. 16). Поскольку эти бактерии могут в результате размножения распространиться далеко за пределы тех мест, куда они были внесены, прогнозирование их влияния на окружающую среду становится чрезвычайно сложным. Поэтому прежде чем продукты биотехнологии поступят на рынки промышленно развитых стран, потребуется создать так называемую прогнозирующую экологию, которую противники новых методов считают необходимой для оценки будущего состояния окружающей среды, а также разработать положения, направленные на предотвращение случайностей.

Проблемы, стоящие перед генетической инженерией растений, гораздо сложнее, чем модификация микроорганизмов, но с точки зрения природной среды они менее спорны. Зерновые культуры с новыми качествами находятся под непосредственным контролем тех, кто их выращивает; их распространение в природной среде происходит медленнее, и его легче предугадать. Такие характеристики зерновых, как способность противостоять засухе, засоленности почв и вредителям, всегда занимавшие селекционеров, находятся в центре внимания новых технологий.

Обладая возможностью модифицировать фактически любые признаки расте-

ний и приспособлять их к определенным условиям, биотехнология становится действенным инструментом развития сельского хозяйства, главная задача которого — эффективное использование имеющихся ресурсов и раскрытие новых. Например, когда-нибудь люди научатся модифицировать физиологию растений, повышать их способность к фотосинтезу, в результате чего зерно будет накапливать больше углеводов и таким образом давать больший урожай. Некоторые растения обладают свойством сохранять влагу за счет меньшего испарения через поверхность листьев. Если перенести это качество на широко распространенные сельскохозяйственные культуры, можно добиться сокращения расходов на ирригацию. Подобные методы позволили бы реально уменьшить нагрузку на маргинальные земли и, может быть, устранить необходимость больших капиталовложений в оросительные системы.

Однако в биотехнологии нет ничего такого, что делало бы ее идеальным средством достижения эффективности и обновления. Многие новшества биотехнологии дают скорее временную выгоду, нежели долгосрочные преимущества. Повышение способности растений к фотосинтезу может привести к росту урожайности, однако оно также ведет к исто-





Photo © AAA Photo, Paris

шению почвы и все большей зависимости от минеральных удобрений.

Наиболее важным фактором, который может оказать влияние на направление сельскохозяйственной биотехнологии, является перенос научно-исследовательских работ из государственного сектора в частный. Это особенно проявляется в США. В течение почти столетия государственные сельскохозяйственные экспериментальные станции и учебные заведения, финансируемые министерством сельского хозяйства США, проводили большинство исследований, необходимых для нужд сельского хозяйства. Частные семеноводческие компании нередко используют сорта, выведенные селекционерами, работающими в государственных учреждениях. За последние 30 лет, однако, частный сектор захватил контроль над научно-исследовательскими работами. В настоящее время две трети исследований в области сельского хозяйства осуществляются частными компаниями.

В области биотехнологии эта цифра еще выше. Служба научных исследований при министерстве сельского хозяйства США и Кооперативная государственная служба агрономических исследований финансируют большинство работ в этом направлении. За период 1984—1985 гг. ими было истрчено на

исследовательскую деятельность около 90 млн. долларов. Компания «Монсанто» (имеющая крупнейшую, но отнюдь не единственную среди частных корпораций США программу в области биотехнологии растений) израсходовала 100 млн. долларов на исследования в области биотехнологии сельского хозяйства. Есть основания полагать, что в ближайшие годы основные прогрессивные методы ведения сельского хозяйства будут разработаны в частном секторе. До сих пор, за исключением механизации и создания гибридов кукурузы, основная работа в этой области велась в государственном секторе.

Ориентация научных исследований на конъюнктуру рынка может отодвинуть на неопределенный срок решение многих важных задач. Усилия исследователей по повышению урожайности зерновых культур будут пропорциональны ценам на зерновые и спросу на них. Улучшение качества сельскохозяйственных культур не принесет значительной выгоды крестьянам развивающихся стран, поскольку в их случае выведение новых сортов требует удешевления агрономических методов, привязки их к сугубо местным условиям. Вряд ли найдется много частных компаний, которые захотят обслуживать столь ограниченный рынок.

Крестьяне развивающихся стран, выращивающие сельскохозяйственные культуры для пропитания своих семей на маргинальных землях, страдают от потерь урожая, нехватки воды и стихийных бедствий. Создание с помощью биотехнологических методов новых видов зерновых культур и гибридов, устойчивых к таким явлениям, как засоленность почв и засуха, могло бы стать важным шагом в деле удовлетворения потребностей крестьян, большинство которых не в состоянии позволить себе значительные затраты на топливо, минеральные удобрения и машины, лежащие в основе развития сельского хозяйства. Однако в последние годы их зерновые культуры не получили должного внимания исследователей. Вверху: рыхление мотыгами участка земли, засеянного просом (Мавритания).

Внизу: мероприятия по защите посевов маниока от вредителей с помощью вентиляционных мешков — часть проекта по биологической защите растений от вредителей, разработанного Международным институтом тропического сельского хозяйства в Ибадане (Нигерия). Около 200 млн. африканцев получают из этой культуры примерно половину необходимых для жизнедеятельности калорий. Институт разработал разновидности устойчивых к заболеваниям сортов, получивших распространение во многих странах Африки.



Photo G. Tarlaghi, FAO

В применении достижений биотехнологии заинтересованы национальные исследовательские институты и международные научные центры. Усовершенствование селекции растений, хранение генофонда, оценка качества и размножения растений, новые методы защиты растений от вредителей — все эти направления научных изысканий настоятельно необходимы в развивающихся странах. Потребовались десятилетия, чтобы получить высокоурожайные сорта пшеницы и риса. Биотехнология поможет гораздо быстрее добиться успеха в работе с просом, сорго, маниоком и тропическими бобовыми культурами.

В связи с преобладанием в биотехнологии частного сектора встает вопрос о роли новых технологий в международных научно-исследовательских программах. Частные компании могут оказывать конкурентами международных сельскохозяйственных центров, финансируемых находящейся в Вашингтоне Консультативной группой по международным исследованиям в области сельского хозяйства, особенно в отношении таких наиболее распространенных зерновых культур, как пшеница и рис. Плодотворный обмен научной информацией, столь необходимый международным центрам, может оказаться под угрозой, если ему воспротивятся частные компании. Более того, международным центрам, возможно, придется все чаще приобретать патенты на новые технологии, предоставлявшиеся ранее бесплатно через государственные каналы. Наконец, частные фирмы будут переманивать к себе талантливых специалистов, и может случиться, что центры окажутся не способными обеспечивать ученым такое же вознаграждение и столь же благоприятные условия, как частные фирмы.

В развитии национальных программ по биотехнологии также наблюдается

неопределенность. Лишь некоторые развивающиеся страны (например, Индонезия, Филиппины и Таиланд) разработали национальные программы развития биотехнологии в сельском хозяйстве. Филиппины рассматривают свою программу как первый шаг на пути индустриализации, основанной на биотехнологических материалах, которые помогут стране отказаться от импорта нефти. Местные ученые надеются использовать растительные отходы и побочные продукты в качестве сырья для производства жидкого топлива и промышленных химикатов, а также для развития пищевой промышленности с помощью методов биотехнологии. У. Г. Падолина из Национального института биотехнологии и прикладной микробиологии Университета Филиппин пишет: «Национальная стратегия заключается в том, чтобы превратить биомассу биологическим путем в продукты питания, топливо, удобрения и химикаты».

Достижение этих целей, безусловно, потребует значительных средств. Не многие страны могут позволить себе затраты на оборудование, необходимое для большинства программ по биотехнологии; некоторым странам недостает подготовленных специалистов для осуществления этих программ. Биотехнология сельского хозяйства резко отличается в этом плане от программ селекции растений, требующих относительно скромных средств. ■

ЭДВАРД ВУЛФ (США) — старший научный сотрудник Научно-исследовательского института «Worldwatch» (Вашингтон), некоммерческой организации, созданной с целью изучения глобальных проблем и финансируемой частными фондами и организациями ООН. Данная статья и следующая за ней материал взяты из книги «Beyond the Green Revolution: New Approaches for Third World Agriculture» (1986).

Новый

Специалисты по сельскому хозяйству лишь сравнительно недавно начали осознавать, что многие системы земледелия, сохранявшиеся на протяжении тысячелетий, представляют собой наглядный пример бережного и умелого отношения к почве, питательным веществам — иными словами, пример именно того подхода, который необходим при внедрении в сельское хозяйство производство интенсивных технологий. Такая переоценка — правда, несколько запоздалая — определяется, с одной стороны, необходимостью более эффективно использовать направляемые в сельское хозяйство капиталовложения, с другой — растущим интересом к применению биотехнологии. Традиционные системы земледелия имеют свои пределы и редко могут конкурировать с современными высокопроизводительными методами. Важно знать причины этих ограничений, поскольку ими определяются как пути модификации традиционных методов земледелия, так и возможный вклад последних в повышение уровня сельскохозяйственного производства.

Во-первых, большинство видов традиционных культур имеют ограниченный генетический потенциал с точки зрения урожайности (такие культуры часто длинностебельные и крупнотельные). Однако именно эти особенности позволяют крестьянам удовлетворять другие, не пищевые нужды: растения обеспечивают их соломой, топливом, кормом для скота. Традиционные виды сельскохозяйственных культур слабо отзываются на агрономические приемы, рассчитанные на повышение урожайности: загущение посевов и применение искусственных удобрений. В то же время для традиционных видов характерно генетическое разнообразие, особо ценное для селекционеров, стремящихся вывести сорта, устойчивые к болезням и вредителям, а также обладающие другими полезными свойствами.

Во-вторых, в традиционных системах земледелия крестьяне часто вынуждены возделывать почвы с низким содержанием питательных веществ, в силу чего для возмещения возможных недородов им приходится особенно тщательно подбирать сочетания культур и иметь налаженный севооборот. Например, во многих тропических почвах недостает азота, тогда как в почвах обширных полусухих районов Африки мало фосфора. В таких условиях высокоурожайные сорта культур, весьма эффективно «перерабатывающие» питательные вещества почвы в пищевое зерно, могут быстро истощить ресурсы почвы, особенно если земледельцы не имеют возможности приобрести дополнительные удобрения.

И тем не менее традиционные методы земледелия могут внести немалый вклад в подъем сельскохозяйственного производ-

Урожай собран, и жительница мавританского селения наполняет чашу просом из «амбара под открытым небом» у семейного шатра. Исследования последних лет помогли ученым по-новому оценить экологические и агрономические достоинства традиционных методов земледелия, в частности используемых в Западной Африке при выращивании проса и сорго. Сочетание достижений современной биотехнологии с опытом традиционного земледелия может открыть путь к новаторским решениям в сфере экономических и экологических проблем сельского хозяйства.

ПОДХОД К ТРАДИЦИОННОМУ ЗЕМЛЕДЕЛИЮ

ства. Прежде всего они обеспечивают так называемый «принцип устойчивости». «Ни современные западные методы ведения сельского хозяйства, ни местные традиционные системы земледелия в их нынешних формах не дают того, что нужно сейчас большинству крестьян. — отмечает Джеральд Мартен, сотрудник научно-исследовательского центра «Восток—Запад» на Гавайских островах. — Задача науки заключается в том, чтобы найти такие методы, которые сохраняли бы достоинства традиционного земледелия и в то же время отвечали нуждам новой эпохи».

Посев в междурядьях, агролесоводство, переложная система и другие традиционные способы земледелия имитируют происходящие в природе процессы, и именно благодаря этому они сохраняются столь долгое время. Обращение к природным аналогам подсказывает принципы, на основе которых следует разрабатывать системы земледелия, наиболее полно использующие энергию солнечных лучей, питательные вещества почвы, осадки.

Так, в частности, методы переложного земледелия (применяемая в Африке система, предусматривающая сведение кустарниковой растительности) показывают, каким образом крестьянам удается использовать естественную способность почв к восстановлению плодородия. Крестьяне расчищают будущие поля от зарослей, сжигая покрывающую участок

растительность. Зола удобряет почву, обеспечивая первый урожай. После одного-двух сезонов, когда запасы питательных веществ в почве иссякают и урожайность падает, крестьяне переходят на новые участки. А на заброшенных полях начинается естественное восстановление: они постепенно вновь зарастают деревьями и кустарниками, в верхних слоях почвы накапливаются питательные вещества и ее плодородие мало-помалу возрождается. Через 15—20 лет участок снова можно расчищать и распахивать.

Возможности такой системы, естественно, скромны. Но даже на основе устаревших методов можно разработать достаточно продуктивные и жизнеспособные приемы земледелия. Например, ученые из Международного института тропического сельского хозяйства (Нигерия) сумели применить лежащий в основе переложного земледелия принцип естественного восстановления плодородия почв к разработке новой системы непрерывного возделывания, которая основана на агролесоводстве и получила название «аллейные посадки». В этой системе полевые культуры высеваются между посадками азотфиксирующих древесных пород, листва которых увеличивает содержание органического вещества в почве, а азот, фиксируемый в клубеньках корней деревьев, повышает ее плодородие. Так обеспечивается возможность

получать достаточно высокие урожаи без обращения пашни в залежь. Проявлением такого метода послужила, как говорилось выше, традиционная переложная система.

Преодолению «агронимических ограничений», обрекающих традиционные системы на низкую продуктивность, могут помочь и обычные методы научного поиска. Например, селекционеры на протяжении ряда десятилетий выводили сорта, лучшие качества которых проявляются при значительном объеме вносимых удобрений, гарантированном водообеспечении и загущенном посеве монокультур. Но ведь они могут, используя свойственное традиционным сортам генетическое разнообразие, получить и такие сорта, которые гораздо лучше отвечают нынешним условиям жизни и труда мелкоземельных крестьян.

Как показывают описанные здесь примеры научной работы, осуществляемой в Африке, ученые с успехом могут использовать принципы традиционного земледелия при разработке новых технологий, направленных на повышение урожайности, столь необходимое в условиях роста населения. Хотя возможности традиционных методов ограничены, от них не следует отмахиваться как от чего-то архаичного. Традиционное земледелие составляет фундамент, на котором наука может с успехом совершенствовать сельское хозяйство. ■



Корова по кличке Rusitec

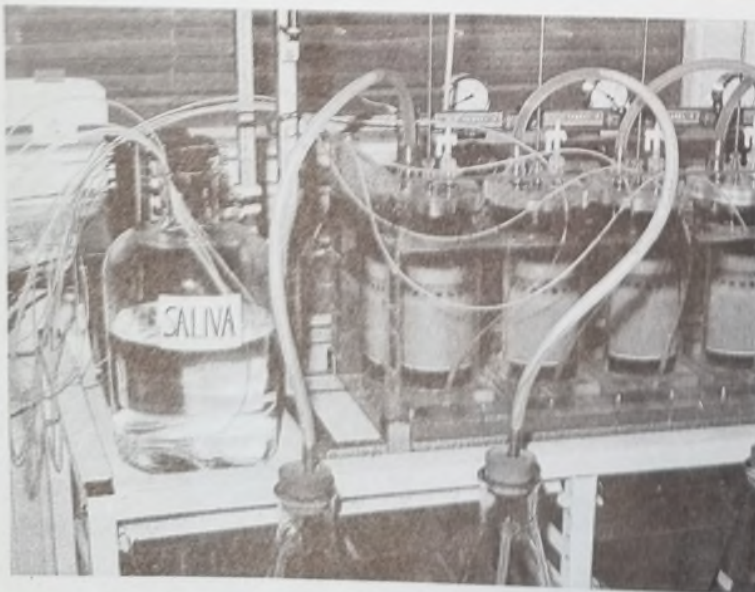
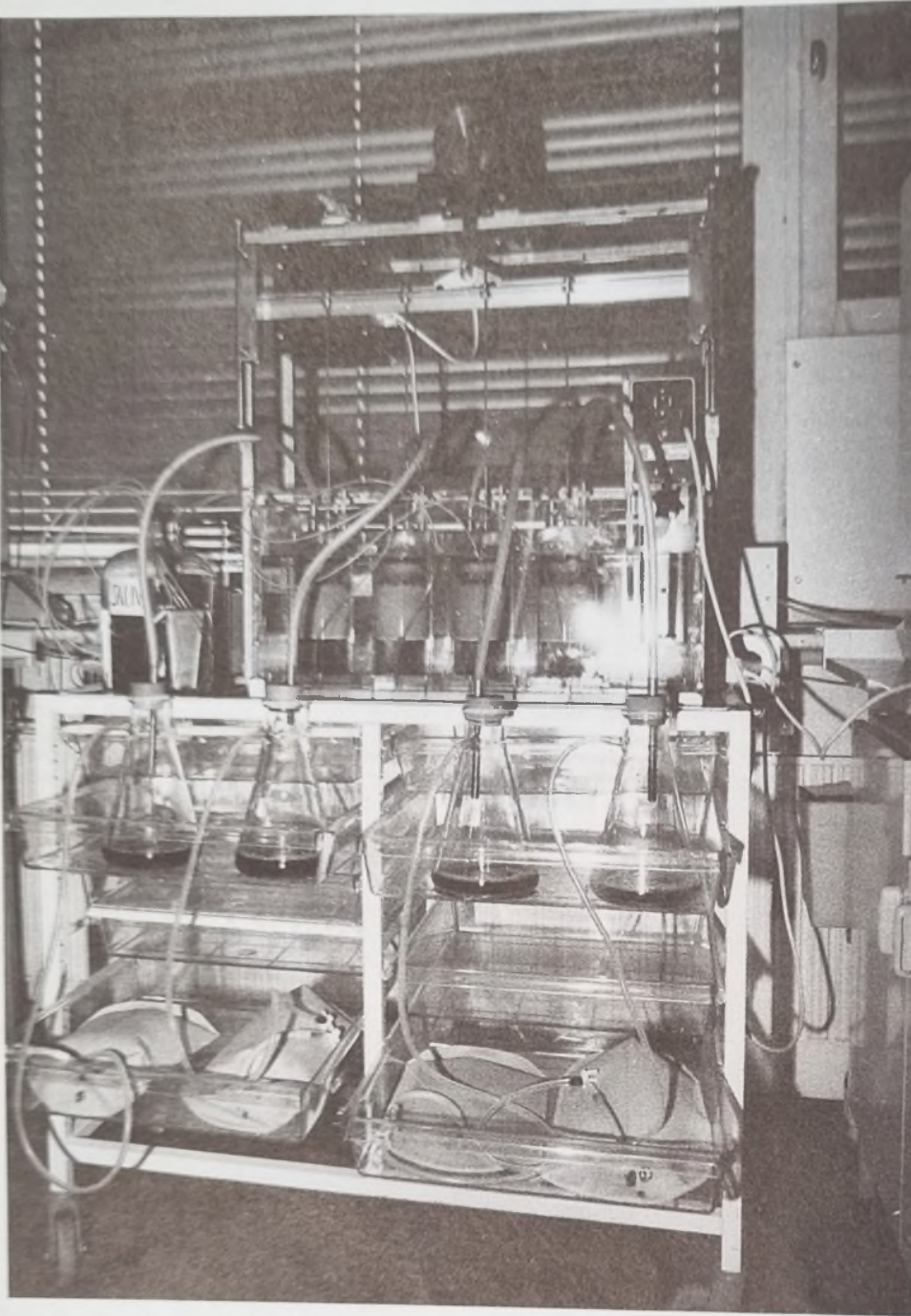
Photos FAO / IAEA

Пища для размышлений

Рубец — один из важнейших отделов пищеварительного тракта жвачных животных (крупного рогатого скота, овец, коз). Находящиеся в нем многочисленные микроорганизмы «перерабатывают» волокна клетчатки (переработанную солому и т. п.) в вещества, усваиваемые организмом животного и превращающиеся в конечном счете в мясо, молоко, шерсть или тягловую силу.

Для изучения микроорганизмов рубца в лабораторных условиях д-р Дж. У. Черкавски, сотрудник Научно-исследовательского института Ханна в Шотландии, создал «искусственную корову», получившую название Rusitec (сокращение английского термина «Rumen Simulation Technique», то есть «искусственное воспроизведение процессов, происходящих в рубце»). Сейчас эта «механическая корова» используется для экспериментов по сравнительному изучению усвояемости различных видов кормов, осуществляемых ФАО и МАГАТЭ в лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии, совместно созданной ими в Зайберсдорфе, близ Вены (Австрия).

В искусственном «рубце» жизнедеятельность микроорганизмов может поддерживаться неопределенно долгое время при условии соблюдения обычной ежедневной «диеты» и необходимых физиологических параметров (температура, кислотность, приток слюны и т. д.). Пока Rusitec меланхолично пережевывает порции разных кормов, ученые, пользуясь методом «меченых атомов», определяют их усвояемость (чем она выше, тем больше питательная ценность того или иного корма). Анализируя таким образом качество различного пищевого материала, ученые разрабатывают более совершенные рационы для домашнего скота в развивающихся странах. Снимки на этой странице показывают, как протекает «процесс пищеварения» у Rusitec. Слева: сосуды — аналог «рубца», — в которых происходит ферментация кормов; внизу слева: искусственный «рубец» в работе; внизу справа: анализ конечных продуктов ферментации.



Наши помощники — бактерии

Программа ЮНЕСКО по биотехнологии в целях развития

Осуществление программы ЮНЕСКО по использованию микроорганизмов в сельском хозяйстве помогает сегодня крестьянам Кении, выращивающим люцерну, латиноамериканским фермерам, производящим фасоль, и рисоводам Юго-Восточной Азии повышать урожайность этих культур.

Программа появилась не случайно, ибо увеличение производства продовольствия для удовлетворения потребностей возрастающего населения стала сегодня одной из самых насущных проблем многих развивающихся стран. Кроме того, производимые продукты должны обладать достаточно высоким качеством, чтобы обеспечивать сбалансированное питание с необходимым содержанием белка. Для решения продовольственной проблемы некоторые развивающиеся страны расширяют площади сельскохозяйственных угодий и осваивают новые земли. Однако добиться значительного увеличения производительности не удастся вследствие нехватки азотных удобрений, играющих решающую роль в поддержании продуктивности почв.

К 1975 г. в мире ежегодно вносилось в почву до 40 млн. т искусственно производимых синтетических азотных удобрений стоимостью 8—10 млрд. долларов. По подсчетам специалистов, к 2000 г. потребность в них возрастет до 160 млн. т в год. Но стоимость азотных удобрений очень высока, и они практически не доступны для большинства аграрных развивающихся стран, зачастую испытывающих нехватку валюты.

Однако азот в изобилии имеется в природе: из него на четыре пятых состоит атмосфера, причем еще в XIX в. было известно, что при наличии в почве определенных бактерий корни бобовых растений способны извлекать азот из атмосферы (так называемая азотфиксация). Этой особенностью обладают, в частности, арахис, каянус, маш, соя, чечевица, фасоль, люцерна, клевер ползучий, люпин, крылатые бобы и другие виды, часто культивируемые в развивающихся странах.

Основными азотфиксаторами являются бактерии рода *Rhizobium*. Они поселяются в клубеньках, образующихся на корнях бобовых, и повышают плодородие почвы, обогащая ее азотистыми соединениями. (В 1975 г. общее количество азота, полученного естественным путем, составило 175 млн. т, причем из

них 35 млн. т. благодаря бобовым культурам.)

Помимо ризобии, можно упомянуть и другие азотфиксирующие системы: *Azolla Anabaena*, которую веками использовали рисоводы Азии (см. «Курьер ЮНЕСКО», январь 1985 г.), почвенные бактерии *Azotobacter*, а также *Spirillum* и *Clostridium*, связанные с некоторыми растениями (например, сахарный тростник и злаковые культуры).

В целях содействия развитию сельских районов на основе широкого применения естественных методов азотфиксации ЮНЕСКО при участии Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) создала в разных странах ряд центров микробиологических ресурсов (ЦМР). В их задачу входит инвентаризация и сохранение клубеньковых бактерий (в частности, ризобий), имеющих экономическое значение, и обучение местного населения методам их использования. Они входят в состав всемирной сети ЦМР, специалисты которых заняты изучением разнообразных путей применения биотехнологии в целях ускорения развития — от производства биогаза до биофармацевтики.

Инокуляция семян бобовых ризобиями (или риса цианобактериями) позволяет повысить усвояемость азота растениями. Производство и применение биоудобрений ведет к значительному увеличению продуктивности почв и экономии нефти и дорогостоящих нефтепродуктов, используемых для получения химических азотных удобрений.

В сотрудничестве с другими международными программами при содействии ФАО и ЮНЕП осуществляются региональные программы создания биоудобрений и использования инокулянтов ризобии в рамках системы ЦМР в Латинской Америке, Восточной Африке, Юго-Восточной Азии и странах Тихоокеанского бассейна.

Проблемами биологической фиксации азота в настоящее время занимаются пять ЦМР: в Кении, Бразилии, на Гавайях, в США (Белтсвилль) и Сенегале. ЦМР для Восточно-африканского и Западно-африканского регионов занимаются сбором, идентификацией, хранением, испытанием и распространением ризобий, совместимых с местными сельскохозяйственными культурами. Центры занимаются также разработкой методов инокуляции местными клубеньковыми бактериями и нала-


Эдгар Дж. Да Силва,

Ж. Фрейри,

А. Хиллалли

и С. О. Кейя

Внизу: инструкция на двух языках (английском и суахили) по применению удобрения, полученного из бактерий в Центре микробиологических ресурсов (ЦМР) в Кении. Добавка этого удобрения в семена некоторых бобовых растений, например фасоли и клевера, повышает усвоение ими азота из атмосферы, что оказывает существенное влияние на их рост.



LEGUME INOCULANT

(Helps legumes to use nitrogen from air)

Prepared By
DEPARTMENTS OF SOIL SCIENCE & BOTANY
(MIRREN PROJECT)
FACULTY OF AGRICULTURE, KARIAKI CAMPUS
UNIVERSITY OF NAIROBI
P.O. BOX 30191, NAIROBI, KENYA.

CROP

BATCH

USE BEFORE

MAELEZO YA KUTUMIA

Tumia tu kwa mabao uliyopakana kwenye paketi ya paketi. Paketi hii ina wisa wa nitrogeni kwa mabao kama kiasi cha 15 kg. Changanua vizio vichanjo na mabao kwa kutumia kazi kwa mabao kwa kutumia wisa wa nitrogeni na upande mwa mabao.

DIRECTIONS FOR USE

Use only for the crop mentioned on the packet. The content of the packet is sufficient for 15 kg of dry seeds. Mix the content of this packet well with seeds moistened with water or sugar solution until all seeds are uniformly coated and sow immediately.

CAUTION

Inoculated seeds or inoculant should not be exposed to sunlight, heat or mixed with chemical fertilizers. This inoculant supplies only nitrogen therefore apply all other nutrients to the soil.

ONYO

Mabao hizi chanywa ni mchango wa nitrogeni kwa mabao kama kiasi cha 15 kg. Changanua vizio vichanjo na mabao kwa kutumia wisa wa nitrogeni na upande mwa mabao.

STORE THIS PACKET UNDER COOL PLACE UNTIL USE
WEKA PAKITI NI PANALI PASIPO JOTO AU JUA KALI

Photo Michel Claude / Unesco

Механизмы

Цель: дать возможность молодым ученым получать подготовку на курсах ЮНЕСКО под руководством опытных ученых и применять полученные знания для расширения научных исследований и ускорения развития в своих странах.

1

ЦМР

ЦМР — Центры микробиологических ресурсов



Всемирная сеть

Цель: сбор, хранение и использование микробиологических ресурсов в интересах национального развития и международного сотрудничества.

2



ГИАМ

ГИАМ — Научный коллоквиум по глобальным аспектам прикладной микробиологии

Цель: укрепление сотрудничества между индустриальными и развивающимися странами; активизация местных научных исследований и подготовки специалистов.

3

Сотрудничество в рамках системы ООН и с неправительственными организациями

ФАО

Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН

ПРООН

Программа развития ООН

ЮНЕП

Программа ООН по окружающей среде

ЮНИДО

Организация ООН по промышленному развитию

ИКРО*

Международная организация по исследованию клетки

ФИС

Международный фонд естественных наук

ИОББ

Международная организация по биотехнологии и биогенетике

ИУМС

Международный союз микробиологических обществ

ВФКК

Всемирная федерация коллекций культур

* Рабочая группа по проблемам микробиологии и биотехнологии

4

Сотрудничество с региональными организациями

АЛАР

Латиноамериканская ассоциация по биологии азотфиксирующих бактерий

АБЕГС

Арабское бюро по образованию для стран Персидского залива

ААБНФ

Африканская ассоциация по проблемам биологической фиксации азота

КЕС

Комиссия европейских сообществ

САНЕМ

Сеть микробиологических центров Ю.-В. Азии

живанием исследований в данной области. Наконец, они дают консультации заинтересованным лицам и организациям.

В Латинской Америке ЦМР уделяет основное внимание анализу генофонда бобовых и выявлению видов, обладающих способностью к симбиозу с азотфиксаторами, а также оценке и устранению лимитирующих почвенных факторов; отбору эффективных видов клубеньковых бактерий для сои, клевера, люцерны, лотоса, гороха, бобов, растений группы коровьего гороха; оптимизации производства инокулянтов для использо-

вания в экспериментальных целях на показательных участках и для снабжения ими мелких фермеров и, наконец, контролю за качеством инокулянтов в рамках программы сотрудничества с частными и государственными лабораториями.

ЦМР на Гавайях и в Белтсвилле (США) пытаются помочь развивающимся странам снизить потребление азотных удобрений, получаемых химическим путем из нефтепродуктов. Эта задача решается путем создания базы научных данных для развивающихся стран, позволяющей оценить выгоды более широкого использования методов биологической фиксации азота с помощью бобовых культур; разработки и распространения методов биологической фиксации азота, отвечающих потребностям и условиям развивающихся стран; оказания дополнительных услуг, способствующих внедрению данных методов.

ЦМР Кении и Бразилии активно занимаются производством инокулянтов для экспериментальных бобовых культур, предлагаемых мелким фермерам. Восточно-африканский ЦМР приступил к выпуску инокулянтов с использованием видов, испытанных его сотрудниками. Инокулянты для 11 пастбищных бобовых культур уже переданы агрономам ФАО, работающим в Кении. От имени федерального правительства бразильский ЦМР контролирует качество выпускаемых в стране инокулянтов и в среднем ежегодно исследует 100 контрольных проб. В ограниченном виде эти услуги

оказываются также организациям других развивающихся стран.

Таким образом, ЦМР, специализирующиеся на разработке методов биологической фиксации азота, выполняют полезную работу по сохранению и распространению эффективных клубеньковых бактерий рода *Rhizobium*. Общее число сохраняемых ими штаммов достигает 3 тысяч.



Photo © J. Freire, University of Rio Grande do Sul, Brazil

Сотрудница Центра микробиологических ресурсов в Бразилии готовит материал для занятий по проблемам идентификации бактерий, используемых для производства удобрений.

С. О. КЕЯ (Кения) — директор ЦМР при Национальном университете в Найроби. Возглавляет кафедру почвоведения, декан сельскохозяйственного факультета. Впервые применил биоудобрения в Африке. Был консультантом ЮНЕСКО и ФАО.

ЭДГАР ДЖ. ДА СИЛВА (Индия) — микробиолог, бывший вице-президент Всемирной федерации коллекций культур, член Отдела научных исследований и высшего образования ЮНЕСКО. Ему принадлежит главная роль в разработке и осуществлении программы создания Центров микробиологических ресурсов ЮНЕСКО. Автор ряда работ по вопросам использования микроорганизмов в биотехнологии.

Ж. ФРЕЙРЕ (Бразилия) — директор ЦМР, профессор микробиологии почвы Федерального университета штата Риу-Гранди-ду-Сул. Впервые предложил использование биоудобрений в Южной и Центральной Америке. Был также консультантом ЮНЕСКО и ФАО. **А. ХИЛЛАЛИ** (Марокко) — микробиолог в Институте агрономии и ветеринарии Хассана II (Рабат). Ведет исследование и дает консультации по вопросам применения биоудобрений в ЦМР Западной Африки в Бамбее (Сенегал).

Photo Y. Duval © ORSTOM, Paris



Насущная потребность развивающихся стран

Альбер Сассон

Биотехнология открывает перед развивающимися странами широкие перспективы. Использование ее методов в земледелии, садоводстве и лесоводстве может содействовать усовершенствованию культивируемых растений и сохранению исчезающих видов. Однако необходимо внимательно подходить к выбору и адаптации к местным условиям тех или иных методов биотехнологии.

Техника культуры растительных клеток и тканей, так же как и генетическая инженерия, является лишь утилитарным средством, а не путем решения социальных проблем. Например, замена традиционных культур новыми сортами, требующими меньших затрат труда, может привести к безработице. Кроме того, биотехнологические исследования зачастую направлены на удовлетворение потребностей внешнего рынка, а не самих развивающихся стран. Наконец, существует реальная опасность, что плодами биотехнологических исследований в области сельского хозяйства воспользуются не мелкие производители, а крупные землевладельцы, располагающие необходимыми финансовыми средствами и опытом применения передовых методов хозяйствования.

Сотрудники биотехнической лаборатории в Куала-Лумпур (Малайзия) следят за выращенными в пробирке культурами. Работа ведется в рамках проекта по получению элитных экземпляров масличных пальм.

Может случиться, что развивающиеся страны не только не получат большой выгоды от результатов биотехнологической революции, но и пострадают от создания новых препаратов (например, искусственного сахара), которые будут конкурировать с традиционными экспортными товарами. Не исключено, что разрыв в уровне технического прогресса развитых и развивающихся стран еще больше увеличится. Вот почему необходимо задуматься над характером биотехнологической революции и ее долгосрочными экономическими, социальными и геополитическими последствиями. Нужно разработать стратегию, обеспечивающую справедливое распределение ее благ между странами и различными слоями общества внутри стран.

Высокая экономическая эффективность и большой объем капиталовложений в разные отрасли биотехнологии приводят к ее развитию необратимый харак-

тер. По некоторым оценкам, к 2000 г. только продовольственных продуктов и культур, полученных методами биотехнологии, будет продано на сумму от 50 до 100 млрд. долларов.

«Зеленая революция» в значительной мере осуществлялась силами государственного сектора, что обеспечивало свободный обмен новыми сортами возделываемых культур, созданными главным образом в международных центрах агрономических исследований, действующих под эгидой ФАО. Что же касается биотехнологической революции в сельском хозяйстве, то здесь главную роль играет частный сектор, хотя государственные университеты и опытные сельхозстанции также проводят широкие фундаментальные исследования.

Присвоение результатов биотехнологических исследований частным сектором означает, что они перестают быть коллективной собственностью человечества. Кроме того, государственные исследовательские учреждения и финансирующие их организации имеют тенденцию закреплять за собой права на патенты, тем самым еще больше способствуя переходу результатов исследований в руки частных предпринимателей.

«Зеленая революция» и биореволюция

Параметры	"Зеленая революция"	Биореволюция
Вовлекаемые культуры	Пшеница, рис, кукуруза	Потенциально все культуры, в том числе овощи, фрукты, экспортные культуры (например, масличная пальма, какао), специализированные культуры (специи, пряности, ароматические растения)
Другая вовлекаемая продукция	Нет	Животноводческая и фармацевтическая продукция, продовольственные товары, энергия
Вовлекаемые районы	Отдельные районы в некоторых менее развитых странах (при наличии ирригационных систем, высокоплодородных земель, хорошей транспортной сети и т. д.)	Все районы, включая маргинальные земли, характеризующиеся засушливостью, засоленностью, наличием токсичного алюминия и т. д.
Разработка и распространение технологии	Главным образом государственный или смешанный сектор	Главным образом частный сектор (многонациональные корпорации и новые фирмы)
Авторское право	Патенты и защита прав на выведенные сорта не имеют значения	Патентная охрана технологий и продуктов
Капиталовложения в научные исследования	Низкие	Высокие
Профиль исследований	Традиционное растениеводство и соответствующие сельскохозяйственные науки	Молекулярная и клеточная биология в сочетании с традиционным растениеводством
Вытесняемые культуры	Нет (за исключением традиционных видов и сортов)	Потенциально любые

Источник: Cérés, FAO/Buttel et al

Участившиеся случаи выдачи патентов селекционерам с целью охраны их прав на выведенные сорта вызывают обеспокоенность развивающихся стран, ибо такая практика сдерживает их усилия по увеличению производства продовольствия.

Принятие законодательных актов, регулирующих предоставление патентов селекционерам (то есть дающих специалистам по генетике растений и организациям, финансирующим их исследования, исключительные права на производство и сбыт созданных ими сортов), подтолкнуло транснациональные корпорации и ряд крупных национальных химических и фармацевтических компаний к перекупке фирм, специализирующихся на сбыте семенного материала, и приобретению контрольных пакетов акций компаний, занимающихся селекцией сельскохозяйственных культур и фитогенетическими исследованиями. Так, крупные многонациональные нефтехимические и фармацевтические компании Западной Европы и Америки обеспечили себе господствующее положение в этой области.

Создавшееся положение объясняется наличием взаимозависимости между семеноводством и производством удобрений, пестицидов и ветеринарных средств в повышении продуктивности сельского хозяйства. Таким образом, одна фирма может контролировать весь цикл производства какой-либо продовольственной продукции.

Годовой объем товарооборота на рынке селекционных семян достигает 12 млрд. долларов, из них 2 млрд. приходится на гибридные сорта кукурузы и

сорго и 1 млрд. на гибридные сорта овса, сои и хлопка. Засилье многонациональных корпораций и крупных промышленных компаний резко снижает роль государственного сектора в селекции растений.

Промышленные страны Запада принимают различные меры по охране результатов постоянно дорожающих исследований в области генетики растений и повышению их рентабельности. Одна из них — продажа развивающимся странам патентов на селекционные сорта. Кроме того, они все чаще используют свои коллекции генофонда в коммерческих целях, что усиливает роль частного сектора в деле сбора, хранения и использования этого материала.

Многие развивающиеся страны не всегда располагают финансовыми и техническими возможностями для создания семенных фондов и поддержания их в удовлетворительном состоянии и потому вынуждены закупать сорта, выведенные из культурных или диких видов, произрастающих в их регионах. Эти растения выращивались и совершенствовались многими поколениями местных жителей задолго до того, как их скрестили с охраняемыми патентами сортами. Теперь же они поступают в эти же страны как «новые» сорта. Такая парадоксальная ситуация заставляет усомниться в обоснованности самой системы патентования, поскольку практика предоставления права собственности и выплаты гонорара тем, кто улучшил генетические свойства того или иного растения, игнорируют усилия тех, кто ранее совершенствовал

этот вид, не извлекая для себя никаких материальных выгод.

Север богат зерном, а Юг обладает богатым генетическим материалом; фитогенетические ресурсы большинства культивируемых растений находятся в развивающихся странах, в частности в странах тропического пояса, однако селекция и улучшение этих растений осуществляются почти исключительно в промышленно развитых странах. По данным Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), в 1982 г. вклад развивающихся государств в урожай пшеницы в США оценивался в 500 млн. долларов. Сюда входит использование поступающего из развивающихся стран генетического материала, необходимого для улучшения культурных растений и селекции сортов в США и других промышленно развитых странах.

Учитывая экономическое значение своих генетических ресурсов, развивающиеся страны намерены обеспечить их охрану, например путем запрета на вывоз репродуктивных частей растений. Кроме того, они понимают, что цены на улучшенные сорта, выведенные на основе их собственных фитогенетических ресурсов, слишком высоки и что несправедливо вынуждать их косвенно оплачивать часть принадлежащего им самим фитогенетического материала.

Опасность уменьшения генетического разнообразия, а также ограничения в области распространения растительного материала, необходимого для улучшения культурных растений и создания новых сортов, делают необходимым заключе-



Photo UNEP / De Silva

ние международного договора о консервации фитогенетических ресурсов, рассматриваемых как общее достояние человечества. Такое соглашение должно обеспечить равноправие в сфере использования этих ресурсов, в настоящее время регулируемого исключительно национальными законодательствами. Если промышленные страны Запада хотят получить доступ к генетическим ресурсам развивающихся стран и использовать местные сорта, то развивающиеся страны со своей стороны должны иметь право пользоваться банками генов в развитых странах и осуществлять национальный суверенитет над культивируемыми у себя растениями.

Проблемы сохранения фитогенетических ресурсов и обеспечения свободного доступа к ним приобрели таким образом геополитический характер, встав в один ряд с проблемами использования ресурсов нашей планеты на благо всех стран. На 21-й конференции ФАО, проходившей в ноябре 1981 г., Мексика представила резолюцию, в которой призвала генерального директора этой организации подготовить проект международной конвенции по сохранению фитогенетических ресурсов, необходимых для увеличения сельскохозяйственного производства, устранению препятствий на пути свободного распределения растительного материала и улучшению международного сотрудничества в этой области.

В проекте конвенции, представленном на рассмотрение участников 22-й сессии Конференции ФАО в ноябре 1983 г., предусматривалось запрещение каких-либо

ограничений на доступ к фитогенетическим материалам или обмен этими материалами, используемыми в целях развития сельского хозяйства и увеличения производства продовольствия.

Представители 156 стран—участниц Конференции признали, что «фитогенетические ресурсы являются частью достояния всего человечества и, следовательно, должны быть доступны всем без каких-либо ограничений». В их число входят, с одной стороны, дикие виды растений и виды, близкие к культивируемым, которые необходимо каталогизировать и охранять, поскольку им грозит исчезновение, а с другой — культурные растения и выведенные за последнее время сорта, которые могут использоваться для получения более продуктивных гибридных сортов.

На 23-й сессии Конференции ФАО, состоявшейся в ноябре 1985 г., развитые страны Запада выступили против создания международной организации, обеспечивающей свободный обмен фитогенетическими ресурсами и отменяющей систему выдачи патентов на сорта, выведенные в промышленно развитых странах, и плату за приобретение таких сортов. В результате может получиться, что материал, несущий генетическую информацию, необходимую для улучшения культур, превратится в простой товар, объект конкурентной борьбы между торгующими компаниями, между странами, а также между странами и компаниями.

Тем не менее хочется надеяться, что будет найден компромисс между законным желанием вознаградить селекционе-

Строительство кирпичного свода для установки по производству биогаза в Китае. Таких установок в стране 7 млн. Китай занимает первое место в мире по производству этого энергоносителя.

ров из развитых стран путем предоставления им патентов на выведенные сорта и потребностью развивающихся стран в получении новых сортов по ценам, соответствующим их ограниченным финансовым ресурсам и удовлетворяющим настоятельную потребность в развитии сельскохозяйственного производства. С этической точки зрения необходимо учитывать тот факт, что многие поколения земледельцев в развивающихся странах последовательно улучшали свойства тех растений, на основе которых в развитых странах были созданы новые сорта.

Необходимо проделать большую работу по внедрению достижений биотехнологии в сельское хозяйство, садоводство и лесоводство развивающихся стран.

Во-первых, в каждой такой стране следует определить первоочередные экономические задачи, осуществление которых позволит максимально использовать имеющиеся ресурсы. Необходимо выбрать наиболее рациональные в социально-экономическом отношении методы биотехнологии и провести учет местных ресурсов.

Во-вторых, развивающимся странам, по крайней мере первое время, не следует



PHOTO © BROWN HARRIS, NEW YORK

вступать в конкурентную борьбу с развитыми странами в таких областях, как перенос генов и прикладная генетическая инженерия на клеточном уровне. Напротив, им нужно использовать самые простые методы культуры тканей, меристем (см. с. 6) и органов растений с целью скорейшего распространения наиболее перспективных сортов и получения линий, не подверженных вирусным заболеваниям. Для них выгоднее применять в соответствующих масштабах испытанные, сравнительно дешевые методы биотехнологии, которые можно легко заимствовать и приспособлять к местным условиям.

В-третьих, улучшения сортов культурных растений можно добиться не только биотехнологическими методами: они служат лишь дополнением к гибридизации и другим приемам. Эффективность биотехнологии в развивающихся странах во многом зависит от применения ее в сочетании с традиционными методами скрещивания растений, от пропаганды и распространения современных агротехнических приемов, установления выгодных цен на сельскохозяйственную продукцию и создания надежной сети сбыта продовольствия.

В-четвертых, вышесказанное не означает, что сложившееся своеобразное соотношение сил в области биотехнологии останется неизменным: для развитых стран — самая современная и сложная технология, для развивающихся — устаревшие методы. В действительности для каждого конкретного случая необходим

целый набор биотехнологических методов различной сложности. Для удовлетворения местных потребностей с учетом развития биотехнологии в мировых масштабах ученые и технические специалисты должны обладать возможностью использовать наиболее сложные и передовые методы и приспособлять их к потребностям национальных проектов развития.

Образование и подготовка национальных кадров призваны сыграть важную роль в развитии биотехнологии независимо от того, по какому пути оно пойдет. Сам характер этой отрасли, которая находится как бы на стыке естественных (генетика, биохимия, физиология растений, микробиология) и точных наук (технология ферментации, автоматизация производства, промышленная химия и микробиология), требует разработки междисциплинарных программ подготовки кадров и комплексного подхода.

Развивающиеся страны испытывают явную нехватку научных кадров и технических специалистов по биотехнологии: в 1983 г. в США их насчитывалось 23 тыс. человек, в Японии — 8 тыс. и лишь 3,4 тыс. — во всех остальных странах Азии, 1,9 тыс. — в Латинской Америке и 400 — в Африке.

Распространения методов биотехнологии и реализации ее возможностей в развивающихся странах, а также решения связанных с ней этических проблем можно добиться путем регионального и международного сотрудничества. Суще-

Лесная лаборатория

Биотехнология открывает перед развивающимися странами новые возможности в области лесоводства. Благодаря технике культур in vitro (вверху) можно быстро получать генетически идентичные элитные образцы и испытывать их непосредственно в естественных лесных условиях. Справа: эвкалипты, выращенные методом клонирования селекционных гибридов (Конго).

ствуют реальные возможности разработать такие формы регионального и субрегионального сотрудничества, которые позволили бы изучить проблемы, представляющие общий интерес, провести согласованные исследования и получить результаты, отвечающие задачам нескольких стран одного региона. Преимуществом такого подхода является возможность привлечения к работе на основе двусторонних соглашений промышленно развитых стран, а также частных компаний. Примером тому может служить производство противоящурной вакцины в Ботсване с помощью французской компании «Рон-Мерсье», совместное производство биогаза из отходов сельскохозяйственного производства в Индии, Китае и ряде других развивающихся стран, клонирование масличной пальмы и закладка плантаций этой культуры в Кот-д'Ивуаре, Малайзии и Индонезии совместно с французским Управлением научных и технических исследований на заморских территориях и французским Научно-исследовательским институтом растительных масел.

Важный вклад могут внести международные межправительственные организации. Они предоставляют консультации правительствам при разработке национальной политики и программ в области биотехнологии, содействуют подготовке и последующему осуществлению совместных исследований и проектов, вовлекают в подобные мероприятия специалистов из разных стран и укрепляют научный потенциал развивающихся стран.

С первых лет своего существования ЮНЕСКО подчеркивает в своих программах необходимость международного сотрудничества в области естественных наук и подготовки научных кадров. Она своевременно обратила внимание государств-членов на важность изучения микроорганизмов и разработала программу прикладных микробиологических исследований. В 1962 г. ЮНЕСКО приняла участие в создании Международной организации по исследованию клетки (ИКРО). В 1972 г. совместно с этой организацией и Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП) ЮНЕСКО начала осуществление международной программы, направленной на сохранение генетического фонда микробиальных ресурсов и обеспечение его доступности для развивающихся стран. В 1975 г. она приступила к созданию международных центров микробиологических ресурсов (ЦМР), о деятельности которых рассказывается на с. 27.

Принятие второго Среднесрочного плана (1984—1989) позволило активизировать и расширить деятельность ЮНЕСКО в области подготовки кадров, исследований и международного сотрудничества по проблемам прикладной микробиологии, а также распространить ее на биотехнологию. В тесном сотрудничестве с ФАО, Организацией Объединенных Наций по промышленному развитию (ЮНИДО), Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) и другими специализированными учреждениями системы ООН, а также с международ-

ными исправительными организациями ЮНЕСКО продолжает работу по оказанию помощи развивающимся странам, стремясь обеспечить им возможность вносить свой вклад в прогресс науки и пользоваться его плодами. ■

АЛЬБЕР САССОН — уроженец Марокко, доктор естественных наук (микробиология), работает в Парижском университете. С 1954 по 1973 г. сотрудничал в Рабатском университете на факультете естественных наук, где вел исследования в области алгологии, микрофлоры аридных земель и азотфиксирующих микроорганизмов. С 1974 г. — сотрудник Секретариата ЮНЕСКО. Автор ряда работ по проблемам биологии, микробиологии и биотехнологии, а также применения этих наук в целях развития. Среди его работ следует выделить книгу «Les biotechnologies: défis et promesses» (1983), опубликованную на французском, английском, испанском, итальянском, китайском и русском языках и готовящуюся к выходу на болгарском, португальском и румынском, а также книгу «Quelles biotechnologies pour les pays en développement?» (1986), которой в основном руководствовалась Главная редакция «Курьера ЮНЕСКО» при подготовке этого номера. Данная статья представляет собой отрывок из этой книги.



Photo © Perlesee Paris

Глоссарий

Азотфиксация — процесс связывания азота атмосферы и превращение его в аммиак (NH_3), необходимый для жизнедеятельности растений. Лишь ограниченное число микроорганизмов способны фиксировать азот.

Аллогамия — перекрестное опыление у цветковых растений.

Амилолитический — способный расщеплять крахмал на сахар.

Анаэробный — способный жить и развиваться только в отсутствии кислорода.

Аутогамия — самоопыление у цветковых растений.

Аэробный — способный жить и развиваться только в присутствии кислорода.

Биомасса — общая масса особей одного вида, группы видов или сообщества в целом (растений, микроорганизмов и животных) на единицу поверхности или объема местообитания.

Биотехнология — совокупность промышленных методов, использующих живые организмы и биологические процессы для производства или модификации различных продуктов, в том числе направленных на улучшение свойств экономически ценных видов растений и животных, а также микроорганизмов, способных оказывать определенное воздействие на окружающую среду.

Брожение — анаэробный процесс ферментативного расщепления органических веществ под действием дрожжей, плесневых грибов и бактерий. Используется в производстве этилового спирта, кислот, сыра и других технических и пищевых продуктов.

Вегетативное размножение — образование нового организма из части материнского без участия полового процесса (семян). Генетически новое растение идентично материнскому.

Вектор — молекула ДНК, используемая для введения чужеродной ДНК в клетку-хозяина. Векторами могут служить плазмиды, бактериофаги (вирусы) и другие формы ДНК. Они должны обладать способностью к автономной репликации и иметь участки клонирования для введения чужеродной ДНК.

Вид — основное таксономическое подразделение рода. Группа особей, обладающих рядом общих морфологических признаков, способных к скрещиванию.

Ген — основная единица наследственного материала, представляющая собой участок молекулы ДНК со специфическим набором нуклеотидов.

Геном — совокупность генов, содержащихся в одинарном наборе хромосом данного организма.

Генотип — генетическая конституция организма.

Гибрид — организм, полученный в результате скрещивания генетически различных родительских форм (видов, пород, линий и др.).

Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) — носитель генетической информации, природное соединение, содержащееся в ядрах клеток всех живых организмов. Каждая наследственная характеристика закодирована в определенном участке ДНК.

Зародышевая клетка — мужская и женская половые клетки, сперматозоид и яйцеклетка.

In vitro — буквально «в стекле»; относится к биологическим реакциям, происходящим в искусственных условиях, в том числе к выращиванию клеток в условиях культуры.

Каллюс — ткань, образующаяся у растений в местах повреждений и способствующая их заживлению. Может использоваться для получения культуры изолированных тканей.

Клетка — элементарная живая система, способная к самостоятельной жизнедеятельности; состоит из протоплазмы, окруженной полупроницаемой мембраной, и, как правило, содержит одно или несколько ядер, органоиды и другие включения; самостоятельно или во взаимодействии с другими клетками может выполнять все жизненно важные функции организма.

Клон — ряд поколений генетически однородных потомков одной исходной особи (растения, животного, микроорганизма), образующихся в результате бесполого размножения.

Клубеньки — образования, появляющиеся на корнях под воздействием азотфиксирующих бактерий, живущих в этих клубеньках в симбиозе с растениями.

Культура клеток — выращивание клеток, как правило, одного типа, выделенных из организма человека, животных или растений, в специальных питательных средах (in vitro).

Культуральная среда — любая питательная

среда для выращивания в искусственных условиях бактерий и других клеток, обычно представляющая собой сложную смесь органических и неорганических веществ.

Меристема — недифференцированная ткань растений, сохраняющая способность к делению и образованию новых клеток.

Метаболизм — совокупность физических и химических процессов в организме, включающих синтез сложных соединений из более простых и расщепление сложных органических веществ, в том числе пищевых, направленное на обеспечение организма энергией.

Молекула — наименьшая частица вещества, обладающая всеми его химическими свойствами. Состоит из атомов, соединенных химическими связями.

Мутагенез — процесс возникновения наследственных изменений в организме. С помощью физических или химических средств можно вызвать целенаправленные мутации, повышающие продуктивность определенного организма.

Патоген — болезнетворный организм, возбудитель болезни (например, бактерия или вирус).

Рекомбинантная ДНК — гибридная ДНК, получаемая путем соединения in vitro участков ДНК, взятых от разных организмов.

Слияние клеток — образование единой гибридной клетки, состоящей из ядер и цитоплазмы разных клеток.

Слияние протопластов — соединение двух клеток в лабораторных условиях.

Тотипотентность — способность клеток высших организмов дифференцироваться в целый организм. Тотипотентная клетка содержит всю генетическую информацию, необходимую для полного развития.

Хромосомы — палочковидные структурные элементы ядра клетки, содержащие и передающие генетическую информацию, в которых расположены гены; состоят преимущественно из ДНК и белка, причем содержат большую часть клеточной ДНК. Каждый вид имеет определенное число хромосом.

Цитоплазма — «жидкая» внеядерная часть клетки, окружающая ядро.

Ядро — жизненно необходимая часть клеток, содержащая хромосомы. Имеет относительно большие размеры и шарообразную форму.

Курьер



Издание ежемесячного журнала «Курьер ЮНЕСКО» на русском языке с 1957 года осуществляется ордена Трудового Красного Знамени издательством «Прогресс» (Москва) по поручению Комиссии СССР по делам ЮНЕСКО.

При перепечатке материалов обязательна ссылка на «Курьер ЮНЕСКО» с указанием автора. Подписанные статьи выражают мнение их авторов, которое может не совпадать с точкой зрения ЮНЕСКО и редакции журнала. Подписи к фото и заголовки готовятся сотрудниками редакции.

Главная редакция (Париж)

Заместитель главного редактора Ольга Родель
Ответственный секретарь Джиллиан Уиткомб
Помощники главного редактора
русский яз.: Николай Кузнецов
английский яз.: Рой Мэлкин
Каролин Лоуренс
французский яз.: Алэн Левэк
Неда эль-Хазен
испанский яз.: Ф. Фернандес-Сантос
арабский яз.: Абдель Рашид аль Садек Мухаммади
издания шрифтом Брайля: Ф. Поттер

Документация: Виолет Рингельстайн
Иллюстрации: Ариен Бейли
Оформление: Жорж Серва и Жорж Дюкре
Реклама: Фернандо Аниса
Реализация: Генри Кнобил
Специальные проекты: Пегги Джулиен

Национальные редакции

немецкий яз.: Вернер Меркль (Берн)
японский яз.: Сейтиро Кодзима (Токио)
итальянский яз.: Марио Гвидотти (Рим)
язык хинди: Рам Бабу Шарма (Дели)
язык тамил: М. Мохаммед Мустафа (Мадрас)
язык иврит: Александр Бройдо (Тель-Авив)
персидский яз.: Садул Ваннин (Тегеран)

голландский яз.: Поль Моррен (Антверпен)
португальский яз.: Бенедикто Силва (Рио-де-Жанейро)
турецкий яз.: Мефра Ильгазир (Стамбул)
язык урду: Хаким Мохаммед Санд (Карачи)
каталанский яз.: Жоан Каррерас-и-Марті (Барселона)
малайзийский яз.: Азиза Хамза (Куала-Лумпур)
корейский яз.: Пак Сен Гиль (Сеул)
язык суахили: Домино Рутаэбесибва (Дар-эс-Салам)
македонский, хорватско-сербский, словенский, сербскохорватский языки: Божидар Перкович (Белград)
китайский яз.: Шень Гофень (Пекин)
болгарский яз.: Горан Готев (София)
греческий яз.: Николас Папагеоргиу (Афины)
сингальский яз.: С. Дж. Суманасекера Банда (Коломбо)
финский яз.: Марьятта Оксанен (Хельсинки)
шведский яз.: Лина Свенсен (Стокгольм)
баскский яз.: Гуруц Лараньяга (Сан-Себастьян)
тайский яз.: Савитри Сувансатхит (Бангкок)

Академик Н. Г. Басов — лауреат премии Калинги

Среди многочисленных задач ЮНЕСКО одной из главных является популяризация и распространение научных знаний в целях практического их применения для нужд экономического развития и прогресса. В той или иной степени она отражена во всех научных программах ЮНЕСКО, но особое внимание уделено ей в такой крупной программе, как «Наука, техника и общество». Именно в рамках этой программы ЮНЕСКО проводит основную работу по активизации деятельности ученых в определении направлений научно-технического прогресса в целях повышения благосостояния общества и поддержания мира.

Распространение и популяризация научных знаний имеют важное значение для каждой страны, но особую актуальность приобретают они в условиях развивающихся стран. Не случайно поэтому Индия стала инициатором усиления внимания этой проблеме. В 1952 г. индийский промышленник и бывший министр Бiju Патнаик основал специальный фонд и предложил ЮНЕСКО учредить премию Калинги и золотую медаль Организации ученым, которые своей научной деятельностью и популяризацией науки вносят большой вклад в решение вышеотмеченных задач.

С той поры Секретариат ЮНЕСКО ежегодно, на основании рекомендаций международного жюри, присуждает выдающимся ученым премию Калинги, символизирующую усилия ЮНЕСКО в решении социально-экономических проблем человечества, многие из которых имеют планетарный характер, с помощью науки и техники, путем распространения знаний и установления стабильного сотрудничества и взаимопонимания между народами.

Мотивируя создание фонда и учреждение премии Калинги для поощрения деятельности ЮНЕСКО в области распространения научных знаний, Б. Патнаик отмечал: «Фонд Калинги предназначается для активизации диалога между учеными и обществом, диалога исключительно важного как для самих ученых, так и для других членов общества. Общеизвестно, что сегодня каждый человек, если он хочет приносить пользу обществу, должен обладать хотя бы основными представлениями о науке. Одновременно становится очевидным, что научное сообщество не должно находиться в самоизоляции от происходящих в обществе процессов политической и социально-экономической жизни».

Большой вклад в укрепление международного научно-технического сотрудничества и использование научных достижений на благо экономического развития и прогресса всех наций вносят советские ученые. Высоко оценивая эту их деятельность, ЮНЕСКО неоднократно отмечала ее присуждением советским ученым премии Калинги. Так, в 1976 г. за создание, развитие и пропаганду научных знаний о происхождении жизни на Земле лауреатом этой премии стал академик А. И. Опарин. В 1983 г. премия Калинги была присуждена профессору С. П. Капице — ученому и ведущему научно-популярной телевизионной передачи «Очевидное — невероятное», а в 1984 г. этой премии был удостоен академик И. В. Петрянов-Соколов — разносторонний ученый, крупнейший специалист в области физической химии, человек широчайших познаний.

И вот в 1986 г. ЮНЕСКО вновь присуждает премию Калинги советскому ученому — на этот раз лауреатом ее стал Николай Геннадиевич Басов, выдающийся ученый современности, один из основоположников квантовой электроники, крупный организатор и популяризатор науки, общественный деятель. Дважды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Нобелевской премий, иностранный член академий наук девяти стран мира и почетный член многих иностранных университетов и научных обществ, академик Н. Г. Басов возглавляет большой научный коллектив Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР, где развиваются многие из наиболее интересных научных направлений, а также руководит работой лаборатории квантовой радиофизики.

Депутат и член Президиума Верховного Совета СССР, академик Н. Г. Басов много внимания уделяет работе Всесоюзного общества «Знание», председателем Правления которого он является с 1978 г. и которое объединяет свыше 3 млн. человек. Члены общества «Знание» читают для народа около 10 млн. лекций в год, а его издательство выпускает 6 научно-популярных журналов, 2 газеты, 40 названий ежемесячных брошюр в помощь самообразованию. Каждая третья научно-популярная книга в СССР выпускается издательством «Знание».

Нелишне вспомнить, что популяризацией науки Н. Г. Басов начал активно заниматься с 1967 г., когда был избран членом Президиума АН СССР и по предложению ее президента возглавил изда-

ние научно-популярного журнала АН СССР «Природа». «Работа в этом журнале помогла мне расширить взгляд на науку и осознать важность популяризации», — сказал Н. Г. Басов на церемонии получения золотой медали и премии Калинги 15 января 1987 г. в Международном центре в Дели, где ее вручил заместитель Генерального директора ЮНЕСКО по науке Абдулла Резак Каддура. Вместе с Н. Г. Басовым лауреатом премии Калинги стал Дэвид Сузуки, канадский журналист и популяризатор науки.

ЮНЕСКО и Комиссия СССР по делам ЮНЕСКО знают Н. Г. Басова не только как выдающегося ученого и общественного деятеля, но и как воспитателя многих талантливых ученых. Оказывая конкретную помощь в реализации научных программ ЮНЕСКО, Н. Г. Басов благодаря своим знаниям, авторитету и дружеским связям с многими ведущими зарубежными учеными, помогает в рамках ЮНЕСКО решать актуальные научно-технические и общечеловеческие проблемы, способствуя социальному прогрессу, укреплению дружбы, взаимопониманию и установлению доверия между народами различных стран.

И. СНЕЖКО
заведующий сектором
естественных наук
Комиссии СССР по делам ЮНЕСКО,
кандидат технических наук

Сотрудничество в пользу мира

27 февраля в президиуме Академии наук СССР состоялось торжественное открытие советского отделения «Всемирной лаборатории» — новой формы международного сотрудничества в области науки, объединяющей усилия ученых различных стран в совместной реализации мирных исследовательских программ по широкому спектру направлений современной науки.

В основу первого этапа работы советского отделения «Всемирной лаборатории» лягут проекты советско-итальянского сотрудничества в области информатики, биологии, физики, создания учебно-методических материалов. Они зафиксированы в соглашении о международном сотрудничестве в области науки и техники под эгидой «Всемирной лаборатории», которое было подписано в ходе церемонии руководителем советского отделения «Всемирной лаборатории», вице-президентом АН СССР академиком Е. П. Велиховым и руководителем итальянской части профессором А. Дзикаки.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР РУССКОГО ИЗДАНИЯ
Т. Ю СОЛОВЬЕВА-МАМЕДОВА

Адрес русской редакции: 119847, ГСП-3, Москва, Г-21, Зубовский бульвар, 17, т.: 247-18-40

На снимке
в ложных цветах,
сделанном с помощью
электронного
микроскопа,
ДНК бактерии
Escherichia coli,
используемой
в настоящее время
в генетической
инженерии (см. статью
на с. 13).

