

ОТ ОБЩЕЙ БИОЛОГИИ К ПРОМЫШЛЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ

В. С. ШЕВЕЛУХА

(Кафедра сельскохозяйственной биотехнологии)

БИОЛОГИЗАЦИЯ всех сфер деятельности человека становится сегодня ярчайшей приметой времени и объективной потребностью развития общества, важнейшим условием самого существования людей, народов и государств. Исторические этапы развития биологической науки и сфер применения ее достижений определяются закономерным ходом эволюции науки и возрастающими потребностями в ней ряда производств.

Современный уровень развития биологии позволяет уже сегодня коренным образом изменить некоторые технологии промышленного и сельскохозяйственного производства, обеспечить значительный рост производительности труда, энерго- и ресурсосбережения, безотходную переработку сырья, создание принципиально новых производств в области сельского хозяйства, пищевой, медицинской, перерабатывающей и других видов промышленности. Искусственные мутагенез и рекомбинегенез, основанные на самых современных методах генетической инженерии, позволяют заметно ускорить селекционный процесс с растениями, животными и микроорганизмами, добиваться эффективной их трансформации, достичь качественно новых результатов в селекции, особенно в получении растений и других биологических объектов, устойчивых к неблагоприятным факторам среды.

В связи с этим стратегия экономического и культурного развития нашей страны, как и других государств, непременно должна предусматривать создание всех необходимых (и прежде всего кадровых, финансовых и материально-технических) условий для прогрессирующего развития биологии и особенно ее новейшего направления — биотехнологии. Уровень, качество общенациональной программы по генетике и биотехнологии, а также ее кадровое, финансовое и материально-техническое обеспечение в первую очередь характеризуют собой прогрессивность руководящих органов и структур государства, их заботу о будущем своего народа.

К сожалению, принятые директивными органами страны важнейшие документы по развитию биотехнологии выполняются пока недостаточно активно, особенно в части обеспечения научных учреждений необходимыми ресурсами.

Биотехнология, как важная область науки и производства, полностью базируется на достижениях всей биологической науки, но прежде всего — молекулярной биологии и генетики, охватывает проблемы разработки новых генетических и других методов создания биологических объектов и их использования в сельскохозяйственном производстве, медицине, перерабатывающей, горнодобывающей и энергетической промышленности.

В стенах Тимирязевской академии основы биотехнологии зарождались давно — на кафедрах физиологии растений, микробиологии, агрохимии, ботаники, генетики, селекции и семеноводства полевых культур и др., где работали такие выдающиеся деятели науки, основатели известных научных школ, как К. А. Тимирязев, Д. Н. Прянишников, А. Б. Жебрак, П. М. Жуковский, В. С. Буткевич, М. В. Федоров, К. Р. Викторов, Е. Ф. Лискун, Д. А. Кисловский. Последующее развитие идей этих ученых в исследованиях И. И. Гунара, П. С. Беликова, Б. П. Плешкова, В. Т. Емцева, В. Г. Хржановского, А. П. Горина и других обеспечило благодатную научную почву для создания в академии в 1986 г. первой в сельскохозяйственных вузах страны кафедры сельскохозяйственной биотехнологии. Для работы на ней в качестве преподавателей и научных сотрудников были приглашены молодые специалисты в области генной и клеточной инженерии, цитологии, биохимии, генетики, физиологии растений, микробиологии. При кафедре организован крупный научно-исследовательский отдел по сельскохозяйственной биотехнологии. Благодаря помощи АН СССР, Государственного комитета по науке и технике и ВАСХНИЛ кафедры и отдел в настоящее время хорошо оснащены современным биотехнологическим оборудованием. Недостаёт лишь помещений для учебных занятий и проведения более широких научных исследований. Затягивается строительство биотехнологического корпуса.

Современные специалисты — агрономы, зоотехники, экономисты и др. — должны владеть методологией научного познания в области биотехнологии и ведения производства на ее основе. Пробел в такого рода знаниях науки отри-

цательно скажется на эффективности их работы и особенно в ближайшей перспективе. Учитывая это, в академии организованы учебные занятия по биотехнологии на агрономическом, агрохимическом и плодовоощном факультетах. Основной упор в занятиях делается на изучение основ генетической, клеточной инженерии и применение регуляторов роста в интенсивном растениеводстве. С учетом стремительного развития науки курс биотехнологии должен постоянно расширяться, а его преподавание необходимо распространить и на другие факультеты академии.

Крайне важно было организовать подготовку специалистов по клеточной и генной инженерии из числа научных работников селекционных центров и других научно-исследовательских учреждений страны. Недостаток, а в большинстве случаев и отсутствие таких специалистов является сегодня главной причиной, сдерживающей развитие биотехнологии в стране. Такую задачу кафедра поставила перед собой в 1986 г. В академии на спецфакультете ежегодно при кафедре проходят 6-месячное обучение 24—25 человек. В 1990 г. уже состоялся 4-й выпуск таких специалистов. Все они, как правило, возвращаются в свои лаборатории и институты и включаются в выполнение важных исследований по биотехнологии.

В качестве приоритетных исследований на кафедре и в отделе выбраны направления по созданию трансгенных растений (с чужеродными генами) картофеля, устойчивых к колорадскому жуку, фитифторе, вирусам и бактериальным заболеваниям; клеточных и тканевых регенератов-сомаклонов яровой пшеницы, устойчивых к засухе и различным типам засоления почв; разработке методов защиты посевов и насаждений сельскохозяйст-

венных культур от засухи и других стрессовых факторов среды; применению регуляторов роста растений в интенсивных технологиях; созданию системы методов генетического контроля за применением регуляторов роста и других химических средств в агропромышленном производстве. Более 40 научных сотрудников, преподавателей и лаборантов, а также 10 аспирантов, многие студенты активно участвуют в решении этих научных проблем. Три крупных целевых научно-технических проекта, выдвинутых кафедрой и отделом биотехнологии на конкурс ГКНТ, получили его одобрение, включены в список важнейших, прошедших конкурс и получивших государственное бюджетное финансирование.

Для участия в выполнении этих проектов мы пригласили также ведущих ученых-биотехнологов из научных учреждений АН СССР, АН УССР, Минмедпрома СССР и др. Кафедра и отдел биотехнологии установили и развивают творческие научные связи с лабораториями и институтами ряда стран, в том числе Восточной и Западной Европы, а также США, Индии, Китая, Вьетнама. Наши партнеров привлекают новые проекты по созданию трансгенных растений, получению принципиально новых форм сельскохозяйственных растений, устойчивых к засухе, засолению, вредителям и патогенам. Мы, в свою очередь, заинтересованы в получении подопных форм растений от зарубежных коллег, в освоении методов генной и клеточной инженерии, разработанных в их лабораториях. Особый интерес и ценность представляют работы наших коллег в области биозащиты растений и получении новых биопестицидов, что открывает исключительно важные перспективы для биологизации сельского хозяйства.

Развитие биотехнологических исследований в Тимирязевской академии обеспечило включение их в общесоюзные научно-технические программы и позволило Совету Министров СССР принять решение об организации Тимирязевского биотехнологического центра, куда наряду с академией вошли Институт физиологии растений АН СССР и Научно-исследовательский институт сельского хозяйства районов Нечерноземной зоны. Тимирязевский биоцентр является одним из 15 территориальных сельскохозяйственных биоцентров, созданных решением правительства страны, которым поручено решать важные теоретические и особенно прикладные задачи в области агропромышленного производства.

Сегодня задача создания принципиально новых сортов и гибридов растений, пород животных, штаммов микроорганизмов, обладающих повышенной устойчивостью к стрессовым явлениям среды, способных и в таких условиях давать продукцию, решается в основном методами традиционной селекции. Достижения селекционеров, особенно в части получения биологических объектов с высокой потенциальной продуктивностью, весьма значительны и широко известны. У многих современных отечественных сортов и гибридов зерновых культур потенциал продуктивности достигает более 100 ц/га, у картофеля и сахарной свеклы — 800—1000 ц. У лучших пород молочного скота продуктивность составляет 8—10 тыс. кг молока в год. Селекционные штаммы микроорганизмов способны накапливать за сезон до 60—100 кг биологического азота на 1 га посевов.

Мировые достижения селекционеров В. С. Пустовойта, П. П. Лукьяненко, В. Н. Ремесло, Б. П. Соколова, А. П. Шехурдина, В. Н. Ма-

монтовой сегодня дополняются замечательными результатами активно работающих ученых — Д. А. Долгушина, И. Г. Калининко, Ю. М. Пучкова, С. Ф. Лыфенко, Э. Д. Неттевича, Е. Т. Вареницы, И. П. Калининной, Е. Н. Седова, Н. А. Сурина, Г. В. Еремина, В. М. Шевцова, В. К. Смыкова, А. Хорикова, С. И. Гриба, Н. А. Родиной, В. Н. Мусича, С. П. Зыкина и др. Однако используется высокий потенциал продуктивности новых растений, животных и микроорганизмов очень слабо. Объясняется это не только недостатками в организации сельскохозяйственного производства, нарушением технологической дисциплины в хозяйствах, но и слабостью генетической устойчивостью биологических объектов. Поэтому генетическая реконструкция сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, пород животных, штаммов микроорганизмов является важнейшей задачей современной науки, и в первую очередь — генетики и селекции.

Особенно остро стоят проблемы создания сортов пшеницы, ячменя, кукурузы, подсолнечника, хлопчатника, кормовых, плодовых, овощных и других культур, устойчивых к засухе, болезням и вредителям. Новым резервом в создании таких объектов может быть применение современных методов биотехнологии, генетической и клеточной инженерии. Не переоценивая их роли, не противопоставляя уже известным методам селекции, но применяя эти методы в сочетании с традиционными, можно, как показывает мировой и отечественный опыт, намного ускорить решение указанной задачи и уже в ближайшие годы достичь заметных результатов.

Теоретической базой для разработки новых биотехнологических методов, используемых в селекции, являются молекулярная и общая ге-

нетика, открытые наукой закономерности генетической трансформации, т. е. изменения наследственности организмов путем целенаправленного переноса чужеродного генетического материала в клетки растений, животных и микроорганизмов, а также путем искусственно направленных мутаций. Биотехнологические лаборатории селекционных центров страны получают новый исходный материал пшеницы, ячменя, картофеля, томата, табака, люцерны, клевера, подсолнечника, рапса и других культур, отличающийся повышенной устойчивостью к засухе, засолению и кислотности почв, опасным болезням и вредителям.

Так, во Всесоюзном селекционно-генетическом институте методами биотехнологии впервые получен и районирован в 13 областях страны (за срок, в 3 раза более короткий, чем при традиционной селекции) высокопродуктивный, устойчивый к засухе сорт ячменя Одесский 115, во ВНИИ риса — устойчивый против засоления и болезней сорт риса Биориза, дающий зерно высокого качества. Испытываются полученные этими же методами новые устойчивые формы и сорта картофеля, яровой пшеницы, клевера, люцерны, сахарной свеклы, томатов и других культур, не уступающие по продуктивности лучшим районированным сортам.

Сегодня институты картофельного хозяйства РСФСР, Белоруссии, Украины, а также научные учреждения Эстонии организовали производство безвирусного картофеля. В год они получают более 100 тыс. т посадочных клубней — это 8 % общей их потребности в стране. Использование оздоровленного посадочного материала обеспечивает повышение урожайности картофеля, как минимум, на 15—20 %. Практически во всех республиках

и областях имеется возможность в ближайшие 2—3 года построить оздоровительные комплексы, на их базе создать агрофирмы по безвирусному семеноводству и полностью перейти на посадку картофеля только таким материалом.

На Украине, например, уже действует научно-производственная система «Биоклон» (головное предприятие — УкрНИИКХ). Задача ее — апробация и освоение 3-летней схемы производства элиты картофеля на основе технологии микроклонального размножения безвирусного материала. В 24 сельскохозяйственных предприятиях (колхозах, совхозах, агрофирмах и учебных институтах) созданы биотехнологические цехи, которые вошли в «Биоклон».

По результатам изучения белковых маркеров (Всесоюзный селекционно-генетический институт и Всесоюзный институт растениеводства им. Н. И. Вавилова) были разработаны принципиально новые методы оценки семян сельскохозяйственных культур, определения их происхождения, которые широко применяются международной организацией ИСТА и в СССР.

Методами биотехнологии получают сегодня новые экологически чистые препараты для растениеводства. Среди них наибольшее экономическое значение имеют регуляторы роста и развития растений и биопестициды. Природные регуляторы типа ауксинов, цитокининов, гиббереллинов, абсцизовой кислоты, фузикококцина и особенно новые синтетические препараты аналогичной природы позволяют повысить устойчивость посевов и насаждений сельскохозяйственных культур к засухе и другим стрессовым факторам среды, регулировать рост, сроки созревания и плодоношения растений, улучшить качество продукции. Положительные результаты от при-

менения картолина, брасинолита, некоторых других препаратов в посевах зерновых культур получены в хозяйствах Белоруссии, ряда областей РСФСР. Однако масштабы использования таких препаратов, а также биопрепаратов азотфиксирующих микроорганизмов в сельском хозяйстве пока еще незначительны.

К сожалению, слишком медленными темпами идут работы по созданию новых микробиологических препаратов для защиты посевов от вредителей и болезней. Всего применяется сегодня в производстве только 6 отечественных препаратов, и то в крайне ограниченных масштабах. За рубежом этой проблеме уделяется исключительно большое внимание, что связано с высоким положительным экологическим эффектом биопестицидов, возможностью резкого сокращения объемов применения химических средств защиты растений. Академия наук СССР, Минмедпром СССР располагают необходимым научным потенциалом для того, чтобы в короткие сроки преодолеть отставание в развитии исследований и создании широкого спектра биопестицидов для сельского хозяйства, однако реализуются они слабо.

В животноводстве современные биотехнологические методы позволили развернуть работу по пересадке эмбрионов и зигот для получения высокопродуктивных животных, созданию трансгенных особей с повышенной устойчивостью к опасным заболеваниям, получению и использованию гормона роста для повышения продуктивности скота.

В научных учреждениях и племенных хозяйствах действуют 34 специализированных центра и 126 пунктов по трансплантации эмбрионов, получено с использованием этого метода более 5 тыс. телят. Генноинженерными методами выведены

штаммы микроорганизмов, продуцирующие ряд незаменимых аминокислот, созданы штаммы микроорганизмов, продуцирующих гормон роста животных, применение которого в скотоводстве при прочих равных условиях увеличивает суточные приросты скота и удои молока у коров на 10—15 %. Важным результатом исследований явилось также выведение штаммов микроорганизмов, интенсифицирующих процессы в пищеварительном тракте животных и тем самым улучшающих использование кормов. Разрабатываются новые микробиологические препараты для консервирования кормов, улучшения их сохранности при хранении. Все эти работы проводят в тесном контакте с учеными ВАСХНИЛ исследователи АН СССР и Минмедпрома СССР. Значительное внимание биотехнологии уделяется во ВНИИ животноводства, ВНИИ разведения и генетики животных, Всесоюзном НИИ сельскохозяйственной биотехнологии. Но им предстоит резко расширить масштабы своих разработок и их реализацию в производстве.

Особый интерес для практики представляет создание трансгенных животных, т. е. особей с чужеродными генами, обеспечивающими повышение их продуктивности и устойчивости к заболеваниям. Разработаны генноинженерные методы, позволяющие проводить генные операции на зиготах свиней, овец, кроликов и других животных, получены трансгенные животные с полезными признаками. Разработан и применяется также метод хирургического деления эмбрионов, позволяющий умножать число потомков особо ценных животных.

Определенное развитие получили работы по биотехнологии в области ветеринарии. Производство иммуноферментных диагностикумов ин-

фекционных болезней животных с использованием методов клеточной и генной инженерии позволило успешно решить очень сложную и важную задачу по диагностике, лечению и профилактике ящура, ринотрахеита, а также найти новые подходы к разработке методов диагностики лейкозов и других опасных заболеваний.

Применяемая иммуноферментная диагностика является одним из наиболее перспективных методов определения вирусных, бактериальных, протозойных и других инфекций сельскохозяйственных животных.

Такие диагностикумы созданы сегодня для многих болезней, а также для выявления токсинов, гормонов, иммуноглобулинов разных классов и др. Получены моноклональные антитела к ротавирусному энтериту телят, гастроэнтериту свиней, к вирусу лейкоза крупного рогатого скота, активно ведется разработка иммуноферментного анализа для диагностики бруцеллеза крупного рогатого скота. Методами генной инженерии во Всесоюзном институте экспериментальной ветеринарии (Москва) создают системы микробиологического синтеза диагностических и профилактических препаратов против многих заболеваний сельскохозяйственных животных. Достижения биотехнологии в области ветеринарии являются сегодня наиболее значительными. Однако и здесь не следует переоценивать достигнутое. По существу работы только развертываются.

В перерабатывающей и пищевой промышленности на основе биотехнологии получают сегодня ферменты, аминокислоты, кормовой и пищевой белок, лечебно-профилактические и диетические продукты питания, различные антибиотики, кормовые добавки (премиксы). Применяются мембранные техно-

логии для ультрафильтрации и тонкой очистки, создания новых видов пищевых продуктов.

Сравнительно дешевым источником энергии в сельском хозяйстве является биогаз, полученный путем переработки органических отходов с использованием биогазовых установок. Они созданы и эксплуатируются в Эстонии, ряде областей РСФСР, в других республиках.

По уровню исследований и качеству разработок в области клеточной и тканевой биотехнологии институты нашей страны не уступают лучшим зарубежным научным учреждениям. Однако по масштабам их применения в агропромышленном производстве и других отраслях народного хозяйства мы значительно отстаем от развитых капиталистических стран. Особенно большое отставание допущено в области генетической инженерии. В то же время это направление является приоритетным, так как оно позволяет быстрее решать проблемы направленной трансформации организмов.

Возможности генетической инженерии растений сегодня заключаются в реальном преодолении природных барьеров между нескрещивающимися видами посредством манипулирования отдельными генами таких растений, а также в конструировании химерных генов, у которых транскрипционные регуляторные последовательности, узнаваемые растительными клетками, сочетаются с кодирующими последовательностями бактериальных и эукариотических генов, не способных экспрессироваться в растениях. Манипуляции непосредственно с генами растений и животных достаточно сложны из-за больших размеров генов и сложной структуры генома, недостаточной их изученности, полигенной детерминации

функции. Однако все эти трудности, по-видимому, будут преодолены в ближайшем будущем. В настоящее время внимание исследователей сосредоточено на создании банка генов запасных белков растений, генов биологической деградации химических соединений, применяемых в сельском хозяйстве (пестициды), генов резистентности к фитопатогенам и фитопаразитам, на оптимизации экспрессии генов и методов их введения в растения.

Генетическая трансформация растений осуществляется передачей векторной молекулой ДНК, содержащей необходимые гены, в растительные клетки. Векторные молекулы должны обладать следующими важнейшими свойствами: 1) вектор должен быть молекулярно клонируемым; 2) содержать участки для встраивания чужеродных генов; 3) быть стабильным и совместимым со встроенным в него геном (генами); 4) обеспечивать репликацию и экспрессию чужеродного гена в растительной клетке; 5) строго наследоваться в поколениях соматическим и половым путем; 6) селективироваться; 7) использоваться в широком кругу растений; 8) не должен вызывать патологических изменений.

Для генетической трансформации растений наиболее часто используют онкогенную плазмиду *Agrobacterium tumefaciens* и метод прямого переноса генов в растительные протопласты.

Использование плазмид агробактерий основано на их уникальном свойстве встраивать в процессе инфекции в хромосому растительной клетки фрагмент ДНК, который становится частью наследственного аппарата растения.

Методы прямой трансформации основаны на введении чужеродной генетической информации в растительную клетку без включения

е в векторы типа Т-ДНК. Растительные клетки окружены прочной клеточной оболочкой, непроницаемой для молекул ДНК. Для преодоления этого барьера растительные клетки обрабатывают ферментами, разрушающими клеточную оболочку, в результате чего получают протопласты клеток, в которые вводят ДНК. Культивируемые на специальных средах протопласты способны делиться, восстанавливать клеточную оболочку и часто регенерировать к целому растению, ДНК в протопласты клеток вводят микроинъекцированием или поглощением ДНК протопластами.

Метод прямой трансформации протопластов не требует создания сложных векторных молекул, молекула ДНК вектора интегрирует в геном клетки хозяина, наследуясь в последующих поколениях по Менделю. Метод практически не ограничивает размеры вводимой ДНК, так как поглощение происходит путем эндоцитоза. С помощью этого метода осуществлена трансформация протопластов однодольных растений семейства Gramineae, к которому относятся все важнейшие зерновые культуры. Однако протопласты большинства однодольных растений очень трудно регенерировать до целого растения. Введение ДНК при помощи микроинъекций в дифференцированные тканевые структуры, способные регенерировать до целого растения, решают эту проблему.

Разработан оригинальный подход, основанный на использовании шарообразной вольфрамовой микропульки с адсорбированной ДНК или РНК. Микропулька, разогнанная на специальном ускорителе, пробивает клеточную стенку и вносит в нее трансформирующий генетический материал.

Для полного выражения введенных в растительную клетку чуже-

родных генов необходимо, чтобы регуляторные сигналы инициации и терминации транскрипции узнавались транскрипционными факторами клетки-реципиента, т. е. чужеродный ген должен быть фланкирован промоторной и терминирующей последовательностями, функционирующими в растительной клетке. Чаще всего для этого используют регуляторные последовательности генов Т-ДНК, вирусов или уже клонированных и изученных генов растений.

Количество и разнообразие изученных промоторов, используемых для конструирования химерных генов и трансформации растений, невелики, но полученные результаты позволяют проанализировать особенности их организации и экспрессии в растительных клетках.

Из указанных промоторов необходимо в первую очередь назвать промоторы Т-ДНК T_i плазмиды агробактерий (pos- и ocs- промоторы) и промоторы вируса мозаики цветной капусты, в особенности 35-мРНК, который в настоящее время считается наиболее эффективным в отношении экспрессии чужеродных генов в растительных клетках. Промоторы ВМЦК применимы как для двудольных, так и для однодольных растений.

Работа перечисленных выше промоторов строго конструктивна, т. е. постоянна, и не зависит от внешних условий. В то же время во многих случаях при создании трансгенных растений стоит задача обеспечить экспрессию химерных генов в строго специфичных условиях. Поэтому большое значение приобретают работы, связанные с поиском и изучением механизмов регуляции промоторов тех генов, экспрессия которых тканеспецифична и регулируется различными факторами жизнедеятельности клетки под воздействием внешней среды.

Наиболее интенсивно изучается активируемый светом промотор гена малой субъединицы РБФК — первичного фермента фиксации углерода в хлоропластах, являющегося ключевым в процессах фотосинтеза и фотодыхания. Определены вероятные последовательности промоторной области гена РБФК, взаимодействующие с фитохромзависимыми факторами. Аналогичные сведения получены для генов других белков, участвующих в процессах фотосинтеза, а именно: хлорофилла *a* и *b* связывающих белков, фермента халоконицетазы, специфических белков из листьев и стеблей картофеля.

В настоящее время ведутся исследования промоторов генов белков теплового шока (БТШ), синтезирующихся при температуре 35—40 °С. Показана их универсальность, обусловленная наличием нескольких копий консервативных последовательностей, называемых элементами теплового шока и отличающихся высокой степенью гомологии как внутри вида, так и в пределах разных видов. Интенсивно исследуются промоторы тканеспецифических генов запасных белков, экспрессия которых осуществляется на определенных стадиях развития семян. Наиболее изученными являются гены запасных белков кукурузы — зеины и фасоли — фазеолины. Было показано, что промоторы растительных генов способны контролировать работу генов в гетерологичных организмах — дрожжах, водорослях, животных.

Наименее изученными являются вопросы организации промоторных последовательностей растительных геномов: практически ничего неизвестно о регуляторных белках, взаимодействующих с промоторами; роль метилирования и его влияние на экспрессию исследованы только на промоторе *pos*-гена; совершенно

не изучены пространственная организация транскрипционных комплексов и механизмы координирования экспрессии.

Несколько важных вопросов генетической инженерии решены исследователями в течение 1987—1988 гг.:

1) создана система генетических векторов для двудольных и однодольных растений, способная осуществлять тканеспецифическую, индуцибельную, регулируемую экспрессию чужеродных генов в трансгенных растениях;

2) разработана система генетической трансформации растений высокой эффективности ($n \times 10^{-1}$) для двудольных растений (имеющиеся отдельные сообщения о трансформации однодольных растений еще не получили широкого подтверждения в лабораторной практике);

3) созданы банки генов запасных белков, генов биологической деградации (гидролиза) химических соединений (гербицидов) и генов резистентности к фитопатогенам.

На данном этапе своего развития генетическая инженерия способна решать относительно скромные, но очень важные задачи защиты растений от воздействия экстремальных факторов (гербицидов, вирусов, насекомых-вредителей, фитопатогенов). Устойчивость растительного организма к этим факторам имеет моногенный характер, что и определяет направление исследований.

Известные результаты получены по конструированию трансгенных растений табака, картофеля, томатов и риса, устойчивых к действию гербицидов. Здесь различаются 2 основных подхода: 1) введение генов, блокирующих разрушительное действие гербицидов на жизненные функции растительной клетки, 2) введение генов, обеспечивающих биodeградацию (гидролиз) гербици-

дов. Совершенно ясно, что второй подход более прогрессивен, так как он исключает вероятность вредного воздействия остаточных количеств гербицидов на организм человека и животных.

Следующим перспективным направлением в генетической инженерии растений является защита последних от насекомых, вредителей и паразитов. Практически одновременно в институте Макса Планка в ФРГ и в исследовательском центре биотехнологической фирмы «Монсанто» в США были сконструированы и введены в растения химерные гены, экспрессирующие в растительных клетках бактериальный белковый токсин *Bacillus thuringiensis* (δ -эндотоксин).

Полученные первые трансгенные растения картофеля, устойчивые к колорадскому жуку, в ближайшее время должны поступить в распоряжение селекционеров. Одновременно получены трансгенные растения картофеля, устойчивые к действию нематоды, благодаря наличию гена, кодирующего синтез фермента хитиназы.

Проведены удачные эксперименты по выведению трансгенных растений с повышенной устойчивостью к вирусной инфекции. Для этого был сконструирован и введен в растения химерный ген, кодирующий белок оболочка вируса табачной мозаики и мозаики люцерны, что привело к подавлению экспрессии ранних вирусных генов.

В настоящее время широко ведутся работы по созданию трансгенных сельскохозяйственных растений, обладающих расширенным и усиленным спектром синтезируемых запасных белков зеина, фазеолина, пататина. Так, ген белка картофеля пататина может быть использован для наработки кормовых добавок, сбалансированных по аминокислотному составу.

Из растений выделен также ген белка тауматина, который в 2000 раз слаще сахара, что, вероятно, найдет применение в пищевой промышленности.

Внимание исследователей в последнее время привлекает новый методический подход, основывающийся на использовании методов генетической инженерии и получивший название геномной дактилоскопии. В растениеводстве его применение при соответствующей доработке позволило бы, например, определять генетическую однородность сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, изучать их происхождение и наладить надежную генетическую паспортизацию.

В СССР исследования практически по всем названным выше проблемам ведутся с 70-х годов. Работы по программе ЮНИДО включают следующие основные направления:

1. Создание банка генов запасных белков одно- и двудольных растений (пшеница, ячмень, овес, рис, картофель, кукуруза, рожь, соя и др.).

2. Конструирование векторных систем для одно- и двудольных растений.

3. Создание банка генов резистентности к фитопатогенам (к бактериозам, вирусам, грибам) и вредителям сельскохозяйственных растений.

4. Создание банка генов биодеградации (гидролиза) химических соединений (пестицидов и др.).

5. Разработка систем генетической трансформации для одно- и двудольных растений (протопласты клеток — регенерация клеток — каллус — регенерация рафтеней от отдаленной клетки) методами микроинъектирования ДНК, электропорации, обработки ПЭГ+Ca²⁺, ДЕАЕ — декстраном, методом вольфрамовой пульки, липосомами и др.

Лидерами в исследованиях по генетической инженерии растений в СССР являются Институт генетики и селекции промышленных микроорганизмов, Институт общей генетики и Институт молекулярной генетики (Москва), Институт биорганической химии и Институт ботаники (Киев), Всесоюзный институт сельскохозяйственной биотехнологии (Москва), Всесоюзный селекционно-генетический институт (Одесса), Тимирязевский сельскохозяйственный биотехнологический центр (Москва).

В настоящее время получены первые практические результаты по образованию банка генов запасных белков сои, создана векторная система для двудольных растений, содержащая промоторы различной специфичности. Получены первые трансгенные растения табака и картофеля, обладающие высокой степенью тканеспецифической экспрессии генов. Проведена большая работа по клонированию генов δ -эндотоксина, кодирующих энтомоцидные белки. Осуществляется клонирование других генов фиторезистентности к патогенам: хитиназы, α - и β -интерферонов человека, ингибиторов пектастазы.

В настоящее время объединяются усилия ученых АН СССР и ВАСХНИЛ по развитию приоритетных направлений генетики и биотехнологии, реализации их достижений в производстве. Крупные разработки по клеточной и генной инженерии осуществляют в тесном взаимодействии с учеными ВАСХНИЛ ведущие ученые АН СССР Г. П. Георгиев, К. Г. Скрыбин из Института молекулярной биологии, Р. Г. Бутенко из Института физиологии растений, И. Г. Атабеков (МГУ), Э. С. Пирюзян из Института молекулярной генетики, Ю. Ю. Глеба из Института ботаники АН СССР, Н. Г. Дебабов из Института генетики промышлен-

ных микроорганизмов Минмедбио-прома СССР.

Организованы также совместные исследования с учеными стран Восточной Европы по «Комплексной программе научно-технического прогресса стран — членов СЭВ до 2000 года». Совместная работа выполняется в соответствии с тремя приоритетными целевыми проектами по биотехнологии в агропромышленном производстве — «Безвирусное растениеводство», «Биоазот» и «Ящур». В советско-чехословацко-польской и советско-болгарской совместных биотехнологических лабораториях совершенствуются методы трансплантации эмбрионов животных, ведутся исследования по применению методов генетической инженерии в животноводстве.

По прогнозам ведущих ученых, к 2000 г. объем биотехнологической продукции в структуре мировой торговли АПК и медицины достигнет 20—25 % общего ее объема.

Усиление научно-технических связей со всеми ведущими странами в области биотехнологии будет залогом ее развития в нашей стране. Однако не менее важно, чтобы общественность и государство поддерживали науку на этом пути.

С учетом сложившейся в биотехнологической науке и производстве ситуации главное внимание ученых, занимающихся сельскохозяйственными проблемами, должно быть сосредоточено на решении следующих неотложных задач:

I. В области теории:

— изучение механизмов (генетических, молекулярных и физиолого-биохимических) регенерации растений из клеточных культур;

— изучение генетики соматической вариабельности, разработка технологии направленного расши-

рения спектра и интенсивности выраженности переменных признаков;

— разработка новых методов переноса генетической информации в растительные, животные и микробные клетки;

— изучение «иммунных» систем у растений, генетической детерминации их и метаболических путей реализации;

— изучение факторов и условий оптимальной экспрессии генов при трансформации растений, животных и микроорганизмов;

— изучение механизмов (генетических и др.) управления и саморегуляции морфогенеза растений;

II. В области разработки методов и техники биотехнологии:

— создание методов оптимизации условий морфогенеза, регенерации, андрогенеза, каллусогенеза, эмбриогенеза;

— получение экономически эффективных сред, разработка технологий клеточной селекции, микроклонального размножения;

— совершенствование методов диагностики и терапии вирусных и других заболеваний, размножение оздоровленного посадочного материала растений и размножение животных;

— разработка проектов оздоровительных, микроклональных и биотехнологических комплексов, их создание на основе отечественного оборудования;

— совершенствование методов трансплантации эмбрионов и создание трансгенных животных.

III. В области производства:

— селекция на устойчивость к патогенам и абиотическим факторам среды и на качество;

— улучшение качества семян, их

обработка с использованием биопрепаратов — пестицидов и микроорганизмов;

— оздоровление посадочного материала от вирусов;

— создание и использование биопестицидов для защиты посевов от вредителей и болезней;

— повышение азотфиксирующей способности бобовых и небобовых культур;

— защита растений от стрессовых воздействий среды при помощи регуляторов роста.

Концентрация сил и средств на указанных направлениях развития биотехнологии должна обеспечить теоретический прорыв, за которым непременно последуют технологическое обновление производства и ускорение научно-технического прогресса в АПК, что положительно скажется на решении продовольственной проблемы.

Проведение приоритетных биотехнологических исследований и творческое преподавание соответствующих курсов в Тимирязевской академии создают необходимые условия для значительного повышения качества подготовки специалистов агропромышленного производства, роста престижности и авторитета академии в нашей стране и за рубежом. Для этого должны быть в самое ближайшее время созданы все необходимые условия для работы ученых, интенсификации учебного и научного процессов, взаимодействия коллективов кафедр и факультетов в выполнении намеченных планов и программ. Будущее академии, 125-летний юбилей которой мы отмечаем в этом году, неразрывно связано с возрождением и активным развитием фундаментальных исследований в ее стенах, формированием современных научных школ, усилением ее влияния на агропромышленное производство и деятельность других сельскохозяй-

ственных вузов страны по подготовке специалистов, в совершенстве владеющих современной методологией, экономикой, техникой и технологией в науке и производстве.

Статья поступила 25 мая 1990 г.

SUMMARY

The present-day problems in biotechnology, the ways of solving them and the achievements in this field of science are discussed in the paper.