

УДК 631.1.002

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В.М. КОВАЛЕВ, Е.А. КАЛАШНИКОВА, Д.В. БЕЛОВ

(Кафедра с.-х. биотехнологии МСХА и научно-исследовательский центр «Космо»)

Проведен анализ развития технологий производства сельскохозяйственной продукции в экономически развитых странах на основе использования факторов интенсификации — достижений селекции и технологических приемов. В перспективе рост производства продуктов питания в мире связывают в значительной мере с разработкой и применением информационных технологий управления производственным процессом растений, обеспечивающих экономию материалов, энергии и охрану окружающей среды.

*«...в основе жизни лежит сочетание
трех потоков: потока вещества, по-
тока энергии и потока информации»*

В.А. Энгельгардт

Опыт экономически развитых стран показал, что темпы увеличения производства продуктов питания и другой сельскохозяйственной продукции в значительной мере зависят от эффективности использования достижений научно-технического прогресса. Селекция и интенсификация технологий в этих странах определили современный высокий уровень урожайности зерновых (44—65 ц/га) и других культур. Есть основания считать, что в ближайшее время рост производства продукции в мире будет осущест-

вляться на основе тех же факторов, прежде всего за счет интенсификации земледелия в развивающихся странах. Но поскольку этот путь на определенном этапе сопряжен с экономическими и экологическими издержками, важнейшее значение приобретают биологические и биофизические исследования, направленные на селекционное улучшение растений, повышение стабильности производства сельскохозяйственной продукции и снижение ее потерь [5—7].

Если базироваться только на существующих технологиях, вряд ли можно надеяться на получение в дальнейшем более высоких приростов урожайности, чем в 60—70-е годы текущего столетия. В этот период наблюдалось наиболее резкое повышение продуктивности зерновых и других культур в ряде стран в связи с изменением структуры посевов в пользу более урожайных культур, сортосменной, использованием улучшенных семян, широким применением удобрений, пестицидов, орошения и более совершенной сельскохозяйственной техники.

Мировая практика свидетельствует о необходимости перехода к так называемой «биологизации» технологий, предусматривающей максимальное согласование их с биологическими требованиями культуры, к стратегии интегрированного использования генетических, почвенно-климатических и техногенных факторов. В интегрированной системе выращивания сельскохозяйственных культур все больше будет возрастать роль сорта, так как он является наиболее надежным и экономически выгодным фактором повышения урожайности и ее стабильности.

В перспективе, по оценкам экспертов США и некоторых других стран, рост производства продуктов питания и другой сельскохозяйственной продукции в мире будет определяться прежде всего уровнем разработки и применения двух видов технологий: биотехнологии и информационных технологий. Последние включают передачу организму генетической

информации (связь с биотехнологией), адресной информации в виде химических и физических сигналов (определенных структуры и свойства) и компьютерные технологии [4, 7].

Хотя возможности традиционной селекции использованы еще не до конца, однако современным требованиям уже не отвечают медленный ее темп, связанный со сменой поколений, большой объем и трудоемкость селекционных экспериментов, нередко косвенные, неточные и даже интуитивные методы оценки селекционного материала. Кроме того, по мнению многих специалистов, генетические ресурсы зерновых культур, в частности пшеницы, в значительной степени исчерпаны. В связи с этим возникает необходимость изменить подход в селекции растений, перенести основное внимание на физиологические, биохимические и генетические аспекты повышения продуктивности (фотосинтез, темновое и световое дыхание, азотфиксация и т.п.), привлечь генетические ресурсы более далеких в систематическом отношении организмов. Использование новых биотехнологических методов улучшения растений (генной, хромосомной, клеточной инженерии) в сочетании с усовершенствованными методами классической селекции открывает широкие перспективы для целенаправленного изменения зерновых и других сельскохозяйственных культур и повышения их продуктивности и качества. Краткие сведения о состоянии и направлении этих работ приведены в публикации [7].

Повышение удельного веса математических моделей в ряду средств современной информационной технологии обеспечивает при учете роста плодородия полей и охраны окружающей среды более эффективное использование генетических, почвенно-климатических и материальных ресурсов. При этом достигаются более высокие объективность и точность решения задач оптимизации, чем в случае применения традиционных методов — на основе практического опыта и интуиции.

В зарубежных странах с развитым сельским хозяйством моделирование приобретает все большую роль в прогнозировании урожайности и управлении формированием урожая сельскохозяйственных культур в целях достижения максимальной эффективности земледелия. Потребность в разработке и совершенствовании математических моделей обусловлена непрерывным усложнением задач, возникающих во всех отраслях сельского хозяйства, имеющих системный характер, ужесточением требований к корректности и обоснованности принятия решений [20].

В нашей стране разработанные в ряде научных учреждений (Волгоградский сельскохозяйственный институт, АФИ, ЮжНИИ-ГиМ, МСХА, ВНИИ кормов и др.) компьютерные технологии и системы программно-целевого управления урожаем отдельных культур и продуктивностью севооборотов в целом позволяют более эффективно использовать имеющиеся ресурсы, значительно снижать затраты труда на возделывание культур и получать за-

планируемые урожаи [7, 9, 12, 21]. В 1985 г. площадь программируемых посевов сельскохозяйственных культур в СССР достигала 5 млн га. Урожайность в таких посевах в большинстве случаев при одинаковых материальных ресурсах была в среднем на 20—30% выше, чем при использовании обычных технологий. По мере накопления данных о биологических процессах в растениях, а также о процессах, протекающих в системе почва – погода – растительный покров, совершенствования математических методов и создания необходимой приборной и компьютерной базы моделирования в программировании урожайности будет возрастать.

Более значительные практические результаты применения рассмотренных информационных технологий в настоящее время достигнуты в США. Так, площадь посева под трансгенными растениями (хлопчатником, табаком, сорго, кукурузой, томатами, картофелем, рисом, пшеницей) уже в 1998 г. составит около 10 млн га. В этой стране с началом массового производства персональных компьютеров автоматизированными средствами информации были охвачены почти все хозяйства, разработаны и тиражируются сотни различных пакетов прикладных программ для решения управленческих задач [4, 20].

Перспективными, но на данный момент наименее разработанными являются информационные технологии управления растительным организмом путем адресного воздействия на него сигналами химической природы (физиологически активными вещества-

ми) и физическими полями определенной структуры и определенного свойства. Причем по технологичности, экологичности и экономичности преимущество будет, по-видимому, за вторыми.

Известно, что физиологические процессы в растениях осуществляются ритмично и взаимосвязаны. Временная их интеграция в растении определяется системой взаимосвязанных осцилляций. Полагают, что осцилляции одного порядка входят составной частью в осцилляции с большей амплитудой и т.д. Например, у растений физиологические и морфогенетические осцилляции (ритмы) в апексе побега преобразуются в закономерное чередование их в листьях, пазушных почках и междоузлиях. Внутри- и межклеточные системы регуляции процессов функционируют во взаимодействии, которое организовано в виде регуляторных контуров. Их образование является следствием реакции на внешние воздействия, проявления обратной связи, корректирующей физиологические процессы в соответствии с нормой реакции у растений. Одной из функций этих контуров является восприятие сигналов рецепторами и преобразование их в сигналы второго порядка, индуцирующие экспрессию генов и активацию физиолого-биохимических процессов на уровне регуляторных механизмов клетки [3, 11, 22].

Хотя ростовые процессы генетически детерминированы, но в значительной мере модифицируются под влиянием различных факторов. Обработка растительных объектов стимулирующими доза-

ми физических факторов и фиторегуляторов не изменяет их генетическую информацию, но повышает активность генома, стимулирует ростовые и формообразовательные процессы и увеличивает продуктивность. В настоящее время накоплено достаточное количество данных, свидетельствующих о качественном сходстве эффектов на уровне организма при действии на него небольшими дозами разнообразных химических и физических факторов [1, 7, 8, 17, 19]. При наличии специфичности действия фактора на определенном уровне организации организма почти одновременно появляются многочисленные неспецифические реакции, функциональная значимость которых сразу же становится решающей.

К настоящему времени обнаружено и изучено в той или иной степени более 5000 соединений (химического, микробного и растительного происхождения), обладающих регуляторным действием. Из них в мировой практике используется немногим более 1%. Уже вышли на стадию широкого применения в сельском хозяйстве препараты третьего поколения, гектарные дозы которых исчисляются миллиграммами. Практически сформировалась, по выражению академика А.Л. Курсанова, «фармакология растений», позволяющая в необходимых случаях корректировать важнейшие физиологические процессы у растений. В перспективе для адресного управления регуляторными процессами на уровне клетки и организма преимущественное использование будут иметь

синтетические регуляторы роста узконаправленного действия.

В результате проведенных многоплановых физических исследований за последнее время предложено несколько десятков различных способов воздействия физическими факторами на семена и растения для активации биологических процессов и повышения урожайности. Они основываются на том, что большая часть физиологических процессов в живом организме сопровождается электромагнитными явлениями, среди которых значительную роль играют биоэлектрические потенциалы, генерируемые в процессе жизнедеятельности и отражающие физиологическое состояние организма. Следовательно, воздействуя физическими факторами на эти потенциалы, можно управлять жизнедеятельностью растения [10, 13, 14]. При использовании в качестве физических факторов воздействия электромагнитных излучений, ионизирующих излучений корпускулярной природы (нейтронов, электронов), электрических полей (постоянных, переменных, высокочастотных, коронных разрядов), токов высокой частоты, магнитных полей (постоянных переменных) и др. получены данные, отражающие общие закономерности реакций на них растений, которые свидетельствуют о способности последних обеспечивать более полную реализацию своего генетического потенциала [2, 15—18]. Все эти факторы имеют сходный механизм действия — активация электронного комплекса молекул, их ионизация, образование свободных радикалов и т.п. Это приво-

дит к повышению интенсивности биохимических реакций, активности ферментных систем и изменению метаболизма растений.

В связи с тем, что положительный эффект при использовании указанных физических факторов может быть получен только при низких дозах облучения (в случае завышения доз неизбежно угнетение ростовых процессов и снижение продуктивности), применение их в практике на данном этапе требует большой осторожности. Это усложняется еще крайне недостаточной изученностью механизма действия, а положительные результаты от их применения в большинстве случаев получены чисто эмпирически. Ответ на воздействие даже одного фактора может быть различным в зависимости от его природы, дозировки, экспозиции обработки, физиологического состояния и генотипических особенностей организма. Поэтому при опытной и производственной проверке действия физических факторов не всегда воспроизводятся положительные результаты. Целесообразность практического использования тех или иных физических способов воздействия в значительной мере зависит также от их технологичности.

Целенаправленный поиск и отбор физиологических обоснованных и в генетическом плане мягких или индифферентных физических полей в ближайшем будущем несомненно приведет к широкому их использованию в практике, так как эти приемы управления ростом и развитием растений по технологичности, экологичности и экономичности сушес-

твенно превосходят традиционные.

В наших исследованиях для повышения морфогенетической активности интактных растений и в культуре *in vitro* применяется устройство, которое по своей конструкции представляет собой квантово-резонансный излучатель (патенты Российской Федерации № 2033200 от 28.07.94, № 2045881 от 28.11.94, № 2047301 от 23.01.95, № 2057552 от 19.04.95).

Воздействующий фактор обладает определенными энерго-информационными характеристиками (мощностью, частотой, периодичностью, продолжительностью излучения), изменяя которые можно обеспечить адресность информации и оптимизацию морфогенетических процессов у растений разных видов и сортов. Устройство генерирует слабое энерго-информационное поле (мощность излучения на объект 0,5—1,5 Вт/м²) в области невидимого излучения с максимумом 200—300 мкм и частотой волны от 10 до 100 МГц.

В серии лабораторных, вегетационных, полевых опытов с пшеницей, овсом, льном, картофелем, стевнией (в культуре *in vitro*) и другими культурами выявлено существенное влияние энерго-информационного поля на морфогенетические процессы у растений и их урожайность (подробно результаты этих исследований будут представлены в следующем сообщении). Это подтверждает целесообразность и перспективность использования воздействий на культурные растения физическими факторами с целью повышения продуктивности растениеводства.

Обобщая изложенное выше, следует отметить, что по мере накопления научных данных в перспективе рост производства сельскохозяйственной продукции при экономном расходовании материальных и энергетических ресурсов и обеспечении охраны окружающей среды будет определяться во все большей мере уровнем развития и применения информационных технологий управления производственным процессом растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батыгин Н.Ф. Онтогенез высших растений. М.: Агропромиздат, 1986. — 2. Батыгин Н.Ф., Потапова С.М., Кортава Т.С. и др. Перспективы использования факторов воздействия в растениеводстве. М.: ВНИИТЭИСХ, 1978. — 3. Гараев П.П. Волновой геном. Энциклопедия русской мысли, т. 5. М.: Общественная польза, 1994. — 4. Глеба Ю.Ю. Биотехнология растений. — В сб.: Биология клеток растений *in vitro*, биотехнология и сохранение генофонда. Тез. докл. на VII междунар. конфер. М.: Изд-во РАН, 1997, с. 6—7. — 5. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации растениеводства. — С.-х. биол., 1989, № 1, с. 3—17. — 6. Касаева К.А., Ковалев В.М. Опыт экономически развитых стран по использованию достижений науки в повышении продуктивности зерновых культур. — С.-х. биол., 1989, № 1, с. 131—137. — 7. Ковалев В.М. Теоретические основы оптимизации формирования урожая. М.: МСХА, 1997. — 8. Кожжакару А.Ф., Хошаев З.Х.М., Дедкова Е.Н. Биофизический ме-

- ханизм действия химических регуляторов роста на модельные и клеточные мембранные системы. — В сб.: Регуляторы роста и развития растений. Тез. докл. 3-й конференции. М.: МСХА, 1995, с. 76. — 9. *Образцов А.С.* Системный метод: применение в земледелии. М.: Агропромиздат, 1990. — 10. *Паничкин Л.А.* У истоков электрофизиологии растений. — В сб.: Тимирязев и биологическая наука. М.: МСХА, 1994, с. 77—83. — 11. *Полевой В.В.* Физиология растений. М.: Высшая школа, 1989. — 12. *Полуэктов Р.А.* Динамические модели агроэкосистемы. Л.: Гидрометиздат, 1991. — 13. *Прицеп Л.Г., Подтыканов И.И.* Электромагнитная релаксация и жизнедеятельность растений и животных. — Механизация и электрификация сельск. хоз-ва, 1982, № 1, с. 37—41. — 14. *Прицеп Л.Г., Тараканов Г.И., Шогенов Ю.Х.* Влияние слабого электрического поля на рост и развитие семенных растений огурца. — В сб.: Опыт электрификации сельск. хоз-ва на основе ускорения научно-технического прогресса. Тез. докл. на научной конференции. Л., 1987, с. 76. — 15. *Серебrenников В.С.* Перспективы и эффективность применения химических и физических регуляторов роста в картофелеводстве. М.: ВНИИ-ТЭИагропром, 1986. — 16. *Сечняк Л.К., Киндрук Н.А., Слюсаренко О.К. и др.* Основные направления и методические особенности проведения исследований по фотоактивации семян лазерным лучем. — В сб.: Теория и практика предпосевной обработки семян. Киев: ЮО ВАСХНИЛ, 1984, с. 109—114. — 17. *Станко С.А.* Световая и гормональная активация растений и мутагенез. М., 1997. — 18. *Строна И.Г.* Допосевная и предпосевная обработка семян сельскохозяйственных культур. — В сб.: Теория и практика предпосевной обработки семян. Киев: ЮО ВАСХНИЛ, 1984, с. 5—16. — 19. *Удовенко Г.В.* Устойчивость растений к абиотическим стрессам. — Физиолог. основы селекции. Теорет. основы селекции, т. II, ч. 1. СПб.: ВИР, 1995, с. 293—352. — 20. *Франс Дж., Горнли Дж.Х.М.* Математические модели в сельск.хоз-ве. М.: Агропромиздат, 1987. — 21. *Шатилов И.С.* Программирование урожайности: опыт и проблемы. — Вестн. с.-х. науки, 1987, № 10, с. 38—41. — 22. *Шевелуха В.С.* Рост растений и его регуляция в онтогенезе. — М.: Колос, 1992.

*Статья поступила 17 марта
1998 г.*

SUMMARY

Development of procedures and techniques of producing agricultural products in economically developed countries is analyzed on the basis of using factors of intensification — achievements in selection and technogenic practices. In prospect the increase in food production in the world is connected to a considerable extent with development and application of information technologies for controlling plant production process providing the saving of materials, energy and environmental protection.